Aus der Orthopädischen Klinik der Universität Düsseldorf
Direktor: Prof. Dr. Klaus-Peter Schulitz

MORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN DER HALSWIRBELSÄULE ($C_3 - C_7$)

DISSERTATION

zur Erlangung des Grades Doktor der Zahnmedizin

der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

SUSANNE BELLMANN

1982

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

MORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN DER HALSWIRBELSÄULE (C_3–C_7)

DISSERTATION

zur Erlangung des Grades Doktor der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

SUSANNE BELLMANN

1982

Gedruckt mit Genehmigung der

Medizinischen Fakultät der

Universität Düsseldorf.

Der Dekan der
Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.
Prof.Dr.med.Gunther Arnold

Referent

gez.
Privat-Dozent Dr.med.
Gerhard Lenz

Korreferent

gez.
Prof.Dr.med.dent.
Dr.med.dent.h.c.
Hermann Böttger

Meinen Eltern
in Dankbarkeit gewidmet.

INHALTSANGABE

		Seite
1.	Einleitung und Fragestellung	1
2.	Allgemeiner Teil	
2.1.	Entwicklungsgeschichte der Halswirbelsäule	3
2.2.	Anatomie der Halswirbelsäule	7
2.2.1.	Halswirbel C_3 - C_7	7
2.2.2.	Zwischenwirbelscheiben	11
2.2.3.	Zwischenwirbelgelenke	12
2.2.4.	Ligamente	13
2.3.	Pathologische Anatomie der Halswirbelsäule	15
2.3.1.	Osteochondrosis	16
2.3.2.	Spondylosis deformans	17
2.3.3.	Uncovertebralarthrose	19
2.3.4.	Spondylarthrose	21
2.4.	Beziehungen verschiedener degenerativer Veränderungen	22
2.5.	Funktion der Halswirbelsäule	24
3.	Spezieller Teil	
3.1.	Material und Methode	27
3.1.1.	Definitionen der Strecken	29

		Seite
3.2.	Meßergebnisse: Wirbelkörpermaße	41
3.2.1.	Höhe der Wirbelkörper	41
3.2.2.	Breite der Wirbelkörper	43
3.2.3.	Tiefe der Wirbelkörper	46
3.2.4.	Länge der Uncovertebralfortsätze	46
3.2.5.	Höhe der Uncovertebralfortsätze	49
3.2.6.	Horizontaler Abstand der Uncovertebralfortsätze	51
3.2.7.	Höhe der Interarticularportion	51
3.2.8.	Durchmesser der Gelenkflächen mit und ohne Spondylarthrose	54
3.2.9.	Zwischenwirbelloch	57
3.2.1o.	Foramen intertransversarium	57
3.2.11.	Durchmesser des Foramen vertebrale	60
3.2.12.	Innenkantenabstand der Facetten	62
3.3.	Degenerative Veränderungen	
3.3.1.	Segmentales Verteilungsmuster degenerativer Veränderungen	63
3.3.2.	Beziehungen zwischen Osteochondrose, Spondylose, Uncovertebralarthrose, Spondylarthrose	68
3.4.	Diskussion	76
4.	Zusammenfassung	86
5.	Literaturverzeichnis	88

1. EINLEITUNG und FRAGESTELLUNG

Die Wirbelsäule wird im Vergleich zu den übrigen Organen schon in einem Alter von degenerativen Veränderungen betroffen, in dem man sonst noch nicht von Altern spricht (ECKLIN 1960). Dies stellt einen Tribut für den aufrechten Gang dar.

Die Halswirbelsäule, als der grazilste und beweglichste Teil der Wirbelsäule, wird statisch weniger belastet als vergleichsweise die Lendenwirbelsäule und ist doch besonders häufig von degenerativen Veränderungen betroffen (KUHLENDAHL und KUNERT 1954). Aufgrund dessen findet die Frage nach funktionellen und nicht statischen Ursachen für Verschleißerscheinungen immer mehr Beachtung.

Aus entwicklungsgeschichtlichen, morphologischen und biomechanischen Gründen wird die Halswirbelsäule in zwei Abschnitte gegliedert. Atlas und Epistrophus bilden die obere und die cervical - typischen Wirbel (HINZ und ERDMANN 1967) die untere Halswirbelsäule.

Die vorliegenden morphologischen Untersuchungen, die sich ausschließlich auf den unteren Halswirbelsäulen - Abschnitt C_3 - C_7 beschränken, wurden an mazerierten Leichenpräparaten durchgeführt. Gegenüber der Röntgenbild - Auswertung bietet diese direkte Untersuchungsmethode Vorteile: Häufigkeitsbestimmungen sind am anatomischen Material zuverlässiger (BOYLE 1954), da u. a. an ihm Altersveränderungen schon frühzeitig zu sehen und projektionsbedingte Verzeichnungen auszuschliessen sind.

Es stellte sich die Frage nach der normalen Anatomie, den typischen altersbedingten Formveränderungen und degenerativen Veränderungen der einzelnen Halswirbelkörper. Besonderes Interesse galt dabei den asymmetrisch bzw. symmetrisch auftretenden Veränderungen, da sie möglicherweise Hinweise auf funktionelle Störungen und dadurch bedingte mechanische Überbelastungen bestimmter Regionen geben könnten.

In der vorliegenden Arbeit werden die gefundenen morphologischen Einzelbefunde statistisch ausgewertet.

UNIV. LEIDEN MED.

2. ALLGEMEINER TEIL

2.1. ENTWICKLUNGSGESCHICHTE DER HALSWIRBELSÄULE

In der Embryonalzeit wird die Chorda dorsalis als primitives Stützskelett angelegt. Im Laufe der embryonalen Entwicklung wird sie durch die Wirbelsäule ersetzt. Nach TÖNDURY (1948, 1958) und STARK (1975) erfüllt die Chorda gestaltungsphysiologische Aufgaben, die sich auf Induktionsleistung, Streckung des Embryonalkörpers und späteren Einfluß auf die Differenzierung benachbarter Organe erstrecken.

Umgeben wird die Chorda dorsalis von segmental angeordneten Mesenchymzellen, die aus den Sklerotomen, den Ursegmenten, hervorgehen. An diesen Mesenchymmassen ist eine kraniale und eine kaudale Hälfte zu unterscheiden. Diese Gliederung des Achsenskelettes erfährt eine Verschiebung um eine halbe Segmentbreite, indem sich die kaudale mit der jeweils folgenden kranialen Hälfte vereinigt. Da die seitlich gelegenen Myotome an dieser Umgliederung nicht beteiligt sind, inseriert jeweils ein Segmentmuskel an zwei benachbarten Wirbeln, die somit gegeneinander beweglich sind (LINDEMANN und KUHLENDAHL 1953; EXNER 1954).

Beim sechs Wochen alten Embryo (12mm SSL, Scheitel-Steiß-Länge) ist bereits eine fertig gegliederte rein mesenchymale Wirbelsäule vorzufinden. Die Verknorpelung der Wirbelkörper und Bogenwurzeln beginnt Anfang des zweiten Embryonalmonats (30-40mm SSL) in kranio - kaudaler Richtung (EXNER 1954).

Zur gleichen Zeit werden die Chordazellen in die Bandscheiben abgedrängt und bilden dort die Chordasegmente, während im Wirbelkörper der zellfreie Chordascheidenstrang übrig bleibt (TÖNDURY 1960). Aus dem Chordarestsegment geht nach Umgestaltung der Zellen der Nucleus pulposus hervor. Letzterer wird postnatal durch schleimig umgewandelten Faserknorpel ersetzt, so daß Chordazellen nach der Geburt nicht mehr zu finden sind (LINDEMANN und KUHLENDAHL 1953).
Ende des zweiten Embryonalmonats wachsen die Gelenk- und Querfortsätze von den Bögen aus.

Mit dem dritten Embryonalmonat (70mm SSL) und der beginnenden Vascularisierung setzt die Ossifikation der Wirbel ein. Ein Knochenkern liegt jeweils im Zentrum des Wirbelkörpers, zwei weitere peripher im Wirbelbogen. Die Verknöcherung der Wirbelkörper verläuft enchondral am unteren Brustwirbelkörper, die der Wirbelbögen perichondral am obersten Halswirbel beginnend (SCHMORL und JUNGHANNS 1932, EXNER 1954). Die Bogenwurzel und der Wirbelkörper sind durch einen paarig angelegten Zwischenknorpel verbunden, der im 4. bis 6. Lebensjahr verknöchert.

Beim Neugeborenen sind die dorsalen Wirbelbögen samt Dornfortsatz und die Gelenkflächen der Gelenkfortsätze noch nicht verknöchert. Die Wirbelkörper-Knochenkerne sind an der oberen und unteren Fläche von Knorpelplatten umgeben. Die zum Wirbelkörper gerichtete Fläche der Knorpelplatten stellt die Wachstumsepiphyse der Wirbelkörper dar. Die zur Bandscheibe gerichtete Fläche wird zu Faserknorpel umgebaut.

Die ei- bzw. tonnenförmigen Wirbelkörper-Knochenkerne der Halswirbelsäule sind niedriger als die Zwischenwirbelräume , man spricht deshalb auch von Flachwirbeln (Platyspondylus) (PSCHIRRER 1968). DREXLER (1962) beschreibt ihr Aussehen als fischwirbelartig, bedingt durch die noch nicht verknöcherten Randleisten.
Im Laufe des ersten Lebensjahres nehmen die Knochenkerne Rautenform an, nach kranio-ventral schräg verlaufend. Das vertikale Wachstum der Halswirbel geht hauptsächlich von der Deckplatte aus (SCHMORL und JUNGHANNS 1932).

Die den Wirbelkörper umgebenden Randleisten verknöchern ab dem neunten Lebensjahr, zunächst an der kaudal-ventralen, darauf an der kranial-ventralen Kante (DREXLER 1962). Die Verschmelzung der Randleisten mit dem Wirbelkörper erfolgt gegen Ende des 19. Lebensjahres.

Die für die Halswirbelsäule typischen Processus uncinati werden als seitliche Ausladungen des Wirbelkörpers im 3.-4. Embryonalmonat (12cm SSL) sichtbar (ECKLIN 1960). Sie sind entwicklungsgeschichtlich Bestandteile des Wirbelbogens (TÖNDURY 1943). Sie verknöchern unabhängig von den Wirbelkörpern, von diesen durch Epiphysenfugen getrennt. Beim Neugeborenen sind die Processus uncinati flach gestellt, mit dem neunten Lebensjahr beginnen sie sich aufzurichten, während des 10.-12. Lebensjahres verschmelzen sie knöchern mit dem Wirbelkörper (TÖNDURY 1958, 1974).

Eine weitere anatomische Besonderheit der Halswirbelsäule sind die seitlichen horizontalen Spalten der cervicalen Bandscheiben. Die Auseinandersetzung um diese so-

genannten Uncovertebralgelenke drehte sich um die Frage, ob es sich um echte Gelenke oder um sekundär entstandene Spaltbildungen handelt. LUSCHKA (1858) bezeichnete diese Spalten als Hemiarthroses uncovertebrales. Auch TROLARD (1898), der sie Uncovertebralgelenke nannte, sowie GIRAUDI (1931), KROGDAHL und TORGERSEN (1940), COMPERE und Mitarb. (1959), JACKSON (1965) beschrieben diese seitlichen Gelenke.
Für RATHCKE (1933) handelte es sich demgegenüber um Rißbildungen degenerativer Grundlage. TÖNDURY (1943) untersuchte fetale und kindliche Bandscheiben. Er stellte fest, daß diese Spalten beim neunjährigen Kind, also gleichzeitig mit dem Aufrichten der Processus uncinati auftreten. Sie entstehen durch Zerreißen der seitlichen Lamellen des Faserringes. Der Prozeß schreitet nach medial fort. bis die Bandscheiben schließlich vollständig halbiert sind. Es handelt sich also um "sekundär, wahrscheinlich funktionell entstandene Spaltbildungen" im Bereich der Seitenteile der Bandscheiben. Dieser Ansicht schlossen sich eine Vielzahl von Autoren an (FRYKHOLM 1951; EXNER 1954; PAYNE und SPILLANE 1957; HADLEY 1957). BUETTI-BÄUML (1954) nannte sie auch Uncovertebralverbindungen.

ECKLIN (1960) sprach von einer mit zunehmender Degeneration entstehenden Gelenkähnlichkeit. Die Bandscheibe wird, bedingt durch das Auftreten der Risse, nach der Seite verbreitert. Dadurch erhalten die Processus uncinati und ihre Gegenpole einen faserknorpeligen Lamellenbelag, während gleichzeitig aus dem paravertebralen Gewebe ein "meniscusartiger"Keil in den Gelenkspalt einwächst.
Er stellte weiterhin fest, daß sich die Spalten zunächst in den kranialen Abschnitten, C_3-C_5, entwickeln. Im kaudalen beweglichsten Teil der Halswirbelsäule entstehen

sie später bzw. gar nicht; hier bildet sich stattdessen ein weit verzweigtes, konfluierendes Spaltensystem im Inneren aus. Die frühzeitige Bildung von glatten horizontalen Spalten in dem kranialen Halswirbelsäulen - Abschnitt hat nach ECKLIN (1960) günstige Auswirkungen auf die Erhaltung der Bandscheiben. Durch gelenkähnlichen Ausbau der Spalten ist fast reibungsloses, schonendes Gleiten möglich (TÖNDURY 1959).

2.2. A N A T O M I E DER HALSWIRBELSÄULE

Die menschliche Halswirbelsäule besteht aus sieben Wirbeln. Die beiden ersten, Atlas und Epistrophus, weichen in Form und Funktion von den übrigen ab, auch sind sie nicht durch Disci intervertebrales verbunden.

2.2.1. H a l s w i r b e l C_3 - C_7

Die Halswirbel haben die Form eines Pyramidenstumpfes (BARDELEBEN 1896; EXNER 1954; DREXLER 1962) und besitzen sattelförmig gekrümmte Endflächen. Die konkave Wölbung der Deckplatte verläuft in frontaler, die der Bodenplatte in sagittaler Richtung.

Die mittlere Höhe der Halswirbel wurde u. a. von DREXLER (1962) an Mazerationspräparaten gemessen. Nach seinen Untersuchungen sind der siebte (13,9mm) und der dritte Wirbelkörper (13,0mm) höher als die übrigen. Der sechste Wirbelkörper ist mit 12,3mm der niedrigste. Mit zu-

nehmendem Alter kommt es zur Abflachung der Wirbelkörper. DECKING und TER STEEGE (1975) kamen bei Auswertung von Röntgenbildern zu ähnlichen Ergebnissen, ihre Werte sind allerdings um ungefähr 4mm größer. Auch HOLITSCH (1930) erwähnte die um 2 bis 3mm niedrigeren Halswirbel C_5, C_6. Nach Untersuchungen von PSCHIRRER (1968) ist eine Höhenminderung bei C_5 im Vergleich zu den übrigen Halswirbelkörpern in 90 % der Fälle in den Altersgruppen über 50 Jahre zu finden. EXNER (1954), DREXLER (1962), FRIED (1966), ERDMANN (1972) kamen zu ähnlichen Ergebnissen.

Über die ventrale und dorsale Wirbelkörperhöhe sind in der Literatur unterschiedliche Angaben zu finden. WEBER (1894) gab für die Hinterkante eine um 1,3mm niedrigere Höhe an als für die vordere Kante. DAFFNER (1909) und COLACHIS und STROHM (1965) bestätigten diese leichte ventrale Keilform. DISSE (1909) und BUETTI-BÄUML (1954) fanden keine Höhenunterschiede zwischen Vorder- und Hinterkante. Nach EXNER (1954) ist der siebte Wirbelkörper hinten etwas erniedrigt. FICK (1904) stellte fest, daß außer C_2 und C_3 die Wirbelkörper hinten höher sind als vorn. Auch die röntgenologischen Untersuchungen von DECKING und TER STEEGE (1975) ergaben um ca. 1mm höhere Hinterkanten. Der bei beiden Geschlechtern zu findende allgemeine Grössenunterschied im Körperbau ist auch bei den Bausteinen der Halswirbelsäule zu finden (DREXLER 1962).

Die Breite der einzelnen Halswirbel nimmt von C_3 nach C_7 kontinuierlich zu (EXNER 1954; DECKING und TER STEEGE 1975). Nach DREXLER (1962) wird diese kontinuierliche Breitenzunahme durch den fünften Wirbelkörper unterbrochen, der die geringste Breite aufweist. Nach den Untersuchungen von DECKING und TER STEEGE (1975) ist die Bodenplatte jeweils um ca. 1mm breiter als die Deckplatte.

Keine Differenz zwischen Deck- und Bodenplattenbreite fand er am siebten Wirbelkörper. Auch DREXLER (1962) kam zu ähnlichen Ergebnissen. Danach ist am siebten und vierten Wirbelkörper nur eine geringe bzw. keine Breitendifferenz vorzufinden. Der sechste Wirbelkörper weist die größte Differenz auf, zeigt also die ausgeprägteste Pyramidenform.

Auf der Deckplatte der Halswirbel befinden sich seitlich verlaufende schaufelartige Erhebungen, die von TROLARD (1898) als Processus uncinati beschrieben wurden. Die gelenkartigen seitlichen Verbindungen zwischen benachbarten Wirbelkörpern bezeichnete er als Uncovertebralgelenke. LUSCHKA beschrieb 1858 erstmals diese anatomischen Gebilde der Halswirbelsäule, er nannte sie Eminentia costaria (zit. nach TÖNDURY, 1943). Als Processus lunati wurden sie von GIRAUDI (1931) bezeichnet. Diese Processus uncinati bilden zur Deckplatte einen Winkel von ca. 60 Grad (TÖNDURY 1943), wobei die der oberen Wirbel steiler stehen (EXNER 1954).

Nach EXNER (1954) nimmt die Länge der Hakenfortsätze von C_3 nach C_7 ab, wobei am siebten Halswirbel das ventrale Drittel der Deckplatte frei bleibt. An den übrigen Halswirbeln reichen die Processus uncinati bis an die dorsale Fläche des Wirbelkörpers oder sogar etwas darüber hinaus (KROGDAHL und TORGERSEN 1940). Nach TULSI (1975) sind die Processus uncinati der oberen Halswirbelkörper mehr vorn, die der unteren mehr hinten plaziert. Nach FRYKHOLM (1951) weist ihre Länge große Unterschiede auf.

EXNER (1954) gibt für die Processus des dritten Wirbelkörpers eine Höhe von 7mm an, für den vierten von 4-5mm. Nach ECKLIN (1960) beträgt die Höhe von C_3 7mm, die nach kaudal folgenden werden zunehmend niedriger. Nach Untersuchungen von TULSI (1975) ist ihre Höhe am fünften und

sechsten Wirbelkörper ca. 9mm, die des dritten und siebten Wirbelkörpers sind am kleinsten und können am siebten auch ganz fehlen.

Die kaudalen Endflächen sind an den gegenüberliegenden [illegible].

Vom Wirbelbogen gehen die paarigen Querfortsätze (Processus transversi) ab, sowie die oberen und unteren Gelenkfortsätze und unpaarig der Dornfortsatz.

Das rechte und linke Foramen transversarium wird jeweils von den beiden Teilfortsätzen des Processus transversus gebildet. Die Arteria vertebralis, umgeben von einem Sympathicusgeflecht, verläuft vom sechsten Halswirbel an kranialwärts durch diese Foramina. Die gleichnamige Vene durchläuft auch noch die Foramina des siebten Halswirbels. Das Foramen transversarium ist rund bis oval, im Durchmesser zwischen 2 und 7mm, meist 5mm groß (TULSI 1975). Diejenigen des dritten Wirbelkörpers sind am kleinsten, die des fünften und sechsten am weitesten (TULSI 1975). Bei unterschiedlich großem rechten und linken Foramen ist nach TULSI (1975) meist das linke größer, auch TAITZ und Mitarb. (1978) fanden für die linken Foramina größere Werte.

Das Zwischenwirbelloch (For. intervertebrale) wird gebildet aus der Incisura vertebralis superior und der Incisura vertebralis inferior des nächsthöheren Wirbels. Durch diese Foramen verlaufen im Sulcus nervi spinalis die Spinalnerven, zusammengesetzt aus der Radix posterior und anterior umgeben von einer Durascheide, und die begleitenden Blutgefäße.
Weiterhin kehren die Rami meningei durch das Zwischenwirbelloch in den Wirbelkanal zurück.

Das Foramen vertebrale der Halswirbelsäule hat die Form eines gleichschenkligen Dreiecks. Nach EXNER (1954) weist es die größte Breite in Höhe des fünften und sechsten Halswirbels auf. ELSBERG und DYKE (1934) fanden für den transversalen Durchmesser Werte von 30-32mm, wobei C_4 bis C_6 die größten Werte aufwiesen. Für den sagittalen Durchmesser von C_3 bis C_7 fanden BOIJSEN (1954) sowie WOLF und Mitarb. (1956) Werte von minimal 13mm bis maximal 24mm. Nach WHOLEY und Mitarb.(1958) nehmen die Durchmesser von C_1 (21,7mm) nach C_7 (17,5mm) ab. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch BURROWS (1963), der für C_3 17,5mm und für die kaudal folgenden Wirbelkörper 16,5mm mittelte. Die gemessenen Werte von PAYNE und SPILLANE (1957) lagen zwischen 17,8 und 18,8mm. MURONE (1974), der den Einfluß der Spondylosis auf den sagittalen Durchmesser des Foramen vertebrale untersuchte, fand beim fünften und sechsten Wirbel um 1mm kleinere Foramina als bei den übrigen (16mm). Bei stark ausgeprägter Spondylosis sind um 2-3mm kleinere Werte zu messen.

2.2.2. Zwischenwirbelscheiben

Die Zwischenwirbelscheiben (Disci intervertebrales) stellen ab C_2 das spezifische Bindeelement der einzelnen Wirbelkörper untereinander dar. KUHLENDAHL (1954) bezeichnete sie deshalb auch als faserknorpelige "Wirbelsynchondrosen".

In der Halswirbelsäule sind sie vorn höher als hinten und tragen somit zur normalen lordotischen Krümmung bei (BARDELEBEN 1896; BOWDEN 1966).

Bis zum zweiten Lebensjahr enthalten die Bandscheiben Blutgefäße, später werden sie avasculär und der Stoffwechsel erfolgt durch Diffusion. Aus dem zentralen Nucleus pulposus (Gallertkern) und dem peripheren Anulus fibrosus sind sie aufgebaut. Der Gallertkern ist strukturarm, wasserreich und übt durch seinen visco-elastischen Druck eine gewisse "Sprengkraft" aus (ECKLIN 1960), die eine sogenannte Vorspannung der Ligamente bewirkt (DEMPSTER 1957). Der Anulus fibrosus ist lamellär gebaut, wobei die Lamellen aus kollagenen Fasern bestehen, welche in die knorpelige Endplatte bzw. die knöcherne Randleiste der Wirbelkörper einstrahlen.

Solange sich die seitlichen Spalten der Bandscheiben noch nicht gebildet haben, reichen die Zwischenwirbelscheiben bis medial an die Processus uncinati. Gleichzeitig mit der Rißbildung werden die Processus uncinati und ihre Gegenpole mit in den Bandscheibenbereich einbezogen (ECKLIN 1960).

2.2.3. Zwischenwirbelgelenke

Die Interarticularportionen, die lateral hinter den Wirbelkörpern liegen, setzen sich aus den Processus articulares superior und inferior zusammen. Die Höhe der Interarticularportion entspricht ungefähr der Höhe des Wirbelkörpers, ihr horizontaler Querschnitt beträgt etwa einviertel der Wirbelkörpergrundfläche (PAYNE und SPILLANE 1957).
Kranial und kaudal werden sie von den Gelenkflächen begrenzt.

Die von hyalinem Knorpel überzogenen Gelenkflächen sind eben oder leicht gewölbt. Nach EXNER (1954) sind die unteren Gelenkflächen etwas größer als die oberen. Bedingt durch die Form der Interarticularportion sind die Gelenkfazetten an der Halswirbelsäule schräg von vorn oben nach hinten unten geneigt. Mit der Horizontalebene der Wirbelkörper bilden sie einen Winkel von 40-45 Grad, wobei sie insbesondere am Wirbel C_3 nach medial gekippt stehen (EXNER 1954). Die Flächen der zusammen artikulierenden Fortsätze, die die Wirbelbogengelenke bilden, sind ungefähr gleich groß und passen, abgesehen von kleinen Inkongruenzen, gut aufeinander (FICK 1904).

Die Wirbelbogengelenke werden von schlaffen Gelenkkapseln umgeben, verstärkt durch längs verlaufende Bandfasern. Zwischen den Gelenkflächen befinden sich gut vascularisierte derbfaserige "Zwischenscheiben" (TÖNDURY 1940; ZUKSCHWERDT und Mitarb. 1960), SCHMINKE und SANTO (1932) sprachen von Disci articulares. Sie dienen dem mechanischen Schutz der Gelenkflächen und dem Volumenausgleich in den Gelenkhöhlen (TÖNDURY 1940).

2.2.4. Ligamente

Die ligamentären Verbindungen der Halswirbelsäule entsprechen denen der übrigen Wirbelsäule. Die Ligamente dienen sowohl der Stabilisierung der Wirbelsäule als auch der Kontrolle der Bewegungen in bestimmten Grenzen (JOHNSON und Mitarb. 1975). Allerdings sind aufgrund der grösseren Beweglichkeit und der im Verhältnis zur Wirbelkörperhöhe dickeren Bandscheiben die Bewegungssegmente der Halswirbelsäule weniger verspannt (KAPANDJI 1972).

Das an der Wirbelkörpervorderfläche verlaufende Ligamentum longitudinale anterius setzt am Wirbelkörperrand an, während es die Bandscheiben und die Randleisten der Wirbelkörper frei überbrückt.

Das Ligamentum longitudinale posterius dagegen ist innig mit dem Anulus fibrosus verbunden ohne Anheftung an dem Wirbelkörper (FICK 1904; JUNGHANNS 1951).

Die dünnen, aus elastischen Fasern bestehenden Ligamenta flava verspannen die Wirbelbogen und überbrücken die kleinen Wirbelgelenke straff, wodurch sie von wesentlichem Einfluß auf die Bewegung dieser Gelenke sind und flexionshemmend wirken (EXNER 1954; BAILEY 1963; BALL und MEIJERS 1964).

Die Ligamenta intertransversaria sind kaum entwickelt, wohingegen das Ligamentum supraspinale zum starken Ligamentum nuchae ausgebildet ist, das die Sagittalflexion hemmt. Die Ligamenta interspinalia, die in dieses Nackenband einstrahlen, haben nach HOLDSWORTH (1963) große Bedeutung für die ligamentäre Verspannung. HALLIDAY und Mitarb. (1964) und JOHNSON und Mitarb. (1975) stellten allerdings fest, daß diese Bänder teilweise überhaupt nicht angelegt sind.

2.3. PATHOLOGISCHE ANATOMIE DER HALSWIRBELSÄULE

Das Mißverhältnis zwischen Belastung und Belastungsfähigkeit führt zur Degeneration, die sich an der Halswirbelsäule als An-, Um- und Abbauvorgänge von Knochen- und Knorpelstrukturen zeigen. So sind an stärker komprimierten Anteilen des Zwischenwirbelabschnittes auch häufiger degenerative Veränderungen anzutreffen (HADLEY 1944; EXNER 1954). Erklärlich wird dadurch, daß bei Skoliosen vermehrtes Auftreten konkavseitiger Formveränderungen zu beobachten ist (LANGE 1934; GÜNTZ 1934). Diese Veränderungen treten besonders ausgeprägt an der Lumbal-, aber auch an der Halswirbelsäule auf.

Die Verschleißerscheinungen nehmen mit steigendem Lebensalter an Häufigkeit, Ausdehnung und Ausprägung progressiv zu (SCHMORL und JUNGHANNS 1932; AUFDERMAUR 1960).

Durch die große funktionsmechanische Beanspruchung der Halswirbelsäule ist dieser Teil der Wirbelsäule degenerativen Veränderungen wesentlich häufiger ausgesetzt (KUHLENDAHL und KUNERT 1954). Dabei sind die Segmente C 5/6, C 6/7, die die größte sagittale Beweglichkeit zulassen, in besonderem Maße von degenerativen Veränderungen betroffen (BAKKE 1931; de SÈZE 1951; EXNER 1954; KUHLENDAHL und KUNERT 1954; SÜSSE 1955/56; PAYNE und SPILLANE 1957).

Nach AUFDERMAUR (1960) sind an der Halswirbelsäule bereits mit 30 Jahren ausgeprägte degenerative Befunde anzutreffen, ab dem 8. Dezennium ist keine Halswirbelsäule frei von spondylotischen oder arthrotischen Veränderungen.

Nach Auffassung vieler Autoren (GANTENBERG 1930; SCHMORL und JUNGHANNS 1932; DESTUNIS und SCHMIDT 1954) sind Frauen weniger häufig von degenerativen Veränderungen betroffen.

Die bradytrophen Bandscheiben zeigen die häufigsten und frühesten Veränderungen an der Wirbelsäule, von ERLACHER (1950) als Chondrosis intervertebralis bezeichnet. Aufgrund von Turgorabnahme und Strukturumwandlung kommt es zum Elastizitätsverlust der Bandscheiben (BENEKE 1925), es folgen Rißbildungen des Faserknorpels mit folgender Höhenminderung.

Bedingt durch die Höhenabnahme und die dadurch folgende nachlassende Ligamentvorspannung resultiert eine Instabilität des Segmentes, d. h. das funktionelle Gleichgewicht wird gestört (KAPANDJI 1972; RIZZI 1979) .

Die bereits in den ersten Lebensjahren einsetzende Chondrosis intervertebralis ist ab dem 30. Lebensjahr regelmäßig zu finden. Sie ist Ausgangspunkt für die übrigen Abnutzungsvorgänge der Wirbelkörper.

2.3.1. Osteochondrosis

Eine Bandscheibenzermürbung mit reaktiver Sklerose der angrenzenden Wirbelkörperendflächen wurde von HILDEBRAND (1933) erstmals als Osteochondrose bezeichnet.
Bedingt durch die Stoßkräfte, die nicht mehr von der degenerierten Bandscheibe aufgefangen werden können (SCHMORL und JUNGHANNS 1932), reiben die Wirbelkörperendplatten aufeinander, so daß die angrenzende Wirbelkörperspongiosa sich verdichtet (JUNGHANNS 1951; KUHLENDAHL und KUNERT 1963).

Die Osteochondrosis wird von verschiedenen Autoren (SCHMORL und JUNGHANNS 1932; LIECHTI 1944; KUHLENDAHL und KUNERT 1954) als Systemerkrankung der Wirbelsäule angesehen. Eine generalisierte Ausprägung ist ab dem sechsten/siebten Dezennium zu finden. Nach Untersuchungen von TEPE (1956) sind in der Altersgruppe zwischen 30-40 Jahren in 29 % der Fälle osteochondrotische Degenerationen zu finden. Dabei weisen Frauen einen etwas höheren Prozentsatz pathologischer Veränderungen auf.

Bevorzugt betroffen ist das Segment C 5/6, gefolgt von C 6/7 (TEPE 1956; EXNER 1958). C 3/4 und C 7/Th 1 weisen mit ca. 14 % die wenigsten Osteochondrosen auf (TEPE 1956).

2.3.2. Spondylosis deformans

Die von SCHMORL definierte Spondylosis deformans gehört zu den häufigsten Wirbelsäulenveränderungen. Ausgangspunkt für diese degenerativen Veränderungen sind nach SCHMORL und JUNGHANNS (1932) Rißbildungen im Bereich der äußeren Anteile des Anulus fibrosus (Randleistenanulus). Dadurch kommt es zur Lockerung des Bewegungssegmentes (SCHMORL und JUNGHANNS 1932; ECKLIN 1960) und zum Vordrängen des Bandscheibengewebes. Das vordere Längsband (Lig.long.ant.) wird dadurch gezerrt, und an seinen Ansatzstellen, d. h. an der Verwachsungsstelle der knöchernen Randleiste mit dem Wirbelkörper, kommt es zu reaktiven Knochenveränderungen. Diese auch als Osteophyten bezeichneten Knochenneubildungen in Form von Randwülsten, -zacken und krallenartigen Kantenausziehungen sind typisch für die Spondylosis deformans. In ausgeprägten Fällen kann es zu einer spondylotischen Verklammerung zweier Wirbelkörper kommen (LOB 1951).

Nach SCHMORL und JUNGHANNS (1932) und ECKLIN (1960) gibt es am dorsalen Rand der Wirbelkörper keine Spondylosis deformans im eigentlichen Sinne. Nach ECKLIN (1960) sind die dorsalen Randzacken der Halswirbelsäule als hintere laterale Exostosen der Processus uncinati und deren Gegenpole aufzufassen. Andere Autoren (GIRAUDI 1931; KROGDAHL und TORGERSEN 1940; AUFDERMAUR 1960) sprechen von Exostosen einer "primären Osteochondrose".

Die spondylotischen Veränderungen sind hauptsächlich am Übergang der beweglichen Halswirbelsäule zur relativ starren Brustwirbelsäule zu finden (BRADFORT und SPURLING 1947; AUFDERMAUR 1960). Bevorzugt befallen sind also die Segmente C_4 bis C_6 (KROGDAHL und TORGERSEN 1940; LIECHTI 1944; TEPE 1956; EXNER 1958).
Nach Untersuchungen von NATHAN (1962) ist dabei die Bodenplatte der Wirbelkörper C_5 und C_6 noch in stärkerem Maße betroffen als die Deckplatten von C_6 und C_7.

SCHINGNITZ (1933) fand bereits bei einem Drittel der Halswirbelsäulen im zweiten Lebensjahrzehnt Randzackenbildung. Nach Untersuchungen von COCCHI (1950) und AUFDERMAUR (1960) ist um das 50. Lebensjahr ein starker Anstieg spondylotischer Veränderungen festzustellen. Die dorsalen Exostosen sind generell weniger häufig zu finden.

.3.3. Uncovertebralarthrose

Die degenerativen Veränderungen der Processus uncinati werden in der Literatur als Arthroses uncovertebrales (TROLARD 1898; GIRAUDI 1931; KROGDAHL und TORGERSEN 1940), Spondylosis uncovertebralis (KUHLENDAHL und KUNERT 1954; AUFDERMAUR 1960), laterale Spondylose der Wirbelkörper (COTTA 1978) oder als Teilerscheinung der generalisierten Spondylosis deformans (RATHCKE 1933) bezeichnet.

Die Processus uncinati sind bei abnehmender Bandscheibenhöhe zuerst deformierenden Prozessen ausgesetzt, da sie zum darüberliegenden Wirbelkörper schnell Kontakt bekommen. Nach Abschliff der dünnen Faserknorpelschicht kommt es zur Exostosenbildung. Die Processus uncinati übernehmen Stützfunktion (ECKLIN 1960) und verdicken sich kolbenförmig. Gleichzeitig reagiert der gegenüberliegende Teil der angrenzenden Bodenplatte mit Randwulstbildung und nimmt Pfannendach - Form an (TÖNDURY 1960). Schließlich verbreitern sich die Knochenleisten durch laterale Osteophytenanlagerungen (KUHLENDAHL und KUNERT 1956; ECKLIN 1960), werden durch den vermehrten Druck zur Seite weggedrückt und weisen schließlich "Kochtopfform" auf (BÄRTSCHI - ROCHAIX 1949). Erst wenn sie horizontal gestellt sind, übernehmen die Deck- und Bodenplatten die Tragfunktion(TÖNDURY 1960).

BÄRTSCHI - ROCHAIX (1949) unterschied in Bezug auf Zwischenwirbelraum - Höhe und Form der Processus uncinati drei verschiedene Typen (Abb. 1)

A Stativtyp
B "kochtopfartige Schichtung"
C "Teller - Schichtung"

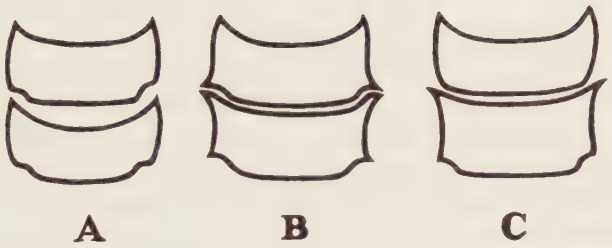

Abb. 1 : Drei verschiedene Form - Typen der Processus uncinati nach BÄRTSCHI - ROCHAIX (1949)

Die Lateralverlegung der Processus uncinati bedingt eine Einengung des entsprechenden Foramen intervertebrale und des Foramen transversarium (DUUS 1948).

Nach Untersuchungen von KROGDAHL und TORGERSEN (1940) weisen jenseits des 35. Lebensjahres alle Processus uncinati Exostosenbildungen auf. Weiterhin fanden sie oft nur einseitige Uncovertebralarthrosen, die bei gleichzeitiger Skoliose immer auf der Seite der Konkavität der Skoliose zu finden waren.
AUFDERMAUR (1960) beschrieb ein verstärktes Ansteigen von uncovertebralen Veränderungen mit dem sechsten Lebensjahrzehnt. Er konnte kein geschlechtsunterschiedliches Auftreten registrieren.

Besonders betroffene Segmente sind nach GIRAUDI (1931), KROGDAHL und TORGERSEN (1940) und AUFDERMAUR (1960) C_4 bis C_6, d. h. der mittlere und untere Halswirbelsäulenabschnitt. FRIEDENBERG (1959) fand die häufigsten uncovertebralen Veränderungen im Segment C 6/7.
FENLIN (1971) allerdings beobachtete vermehrtes Auftreten uncovertebralarthrotischer Veränderungen in dem kranialen Halswirbelsäulenabschnitt, dies führte er auf die besondere Bewegungsfreiheit dieser Segmente zurück.
ECKLIN (1960) fiel besonders häufiges Auftreten von Kochtopfformen am Processus uncinatus C_4 links auf.

.3.4. Spondylarthrose

Die arthrotischen Veränderungen der kleinen Wirbelbogengelenke zeigen gegenüber den Arthrosen anderer Gelenke keine Besonderheiten (SCHMORL und JUNGHANNS 1932; AUFDERMAUR 1960).
Durch die Zugehörigkeit der Wirbelbogengelenke zum Bewegungssegment bedingen Bandscheibenschäden Zug- und Druckbelastungen sowie Stellungsänderungen der Gelenkflächen. SCHMORL und JUNGHANNS (1932) und HADLEY (1957) sprechen von teleskopartiger, REISCHAUER (1935) von schubladenartiger Verschiebung der Gelenkflächen. Diese Stellungsänderung und somit Fehlbelastung begünstigt die Arthrose, die gekennzeichnet wird durch Knorpelverschleiß, Gelenkspaltverschmälerung, Randsklerose und reaktive Randwucherungen (ERDMANN 1971; RÜBE und SCHULTE 1974).

Nach AUFDERMAUR (1960) sind hauptsächlich die äußeren Gelenkpartien arthrotisch verändert. Besonders sind die oberen Gelenkflächen betroffen, die an der oberen Kante Randwülste bilden, dementsprechend ist die untere Kante der unteren Gelenkfortsätze verändert.

Durch die veränderten biomechanischen Zustände werden die Wirbelbogengelenke zu lasttragenden Gelenken (KRÄMER 1973) und entlasten somit die Wirbelkörper - Bandscheiben - Säule (SCHLÜTER 1965).

LANGE (1936), der arthrotische Veränderungen schon bei 20-Jährigen feststellte, fand häufig nur einseitig ausgeprägte Spondylarthrosen.

Nach EXNER (1954), FRIEDENBERG und Mitarb. (1959) und AUFDERMAUR (1960) sind die oberen Abschnitte der Halswirbelsäule besonders von Spondylarthrose betroffen. Die Segmente C 3/4, C 4/5 sind nach AUFDERMAUR (1960) mit ca. 64 % am meisten, C 6/7, C 7/Th 1 am wenigsten betroffen. HADLEY (1957), ECKLIN (1960), FENLIN (1971) fanden gerade an den Wirbelkörpern C_3 und C_4 häufig hochgradige spondylarthrotische Veränderungen.
Nach DE SÈZE (1951), RÜBE und SCHULTE (1974) treten die arthrotischen Veränderungen in den stärker beweglichen Wirbelsäulenabschnitten häufiger auf.

2.4. BEZIEHUNGEN VERSCHIEDENER DEGENERATIVER VERÄNDERUNGEN

Über das gleichzeitige Auftreten unterschiedlicher degenerativer Veränderungen sind in der Literatur verschiedene Angaben zu finden.

Spondylosis deformans - Osteochondrose

Nach PAYNE und SPILLANE (1957) und FRIEDENBERG und Mitarb. (1959) besteht keine Korrelation zwischen Bandscheibenveränderungen und Spondylosis deformans.

Nach KUHLENDAHL und KUNERT (1956), SCHMORL und JUNGHANNS (1932), FARFAN (1972) geht die Spondylose der Osteochondrose voraus. Nach ECKLIN (1960) treten diese beiden Veränderungen häufig gleichzeitig auf, wobei allerdings keine Parallelität in der Schwere des Auftretens festzustellen ist. Starke, rasch entstehende Osteochondrose tritt meist nur mit geringer Spondylosis deformans auf (ECKLIN 1960), letztere kann auch ganz fehlen (AUFDERMAUR 1960).

Spondylosis deformans - Uncovertebralarthrose

LINDEMANN und KUHLENDAHL (1953) fanden die Uncovertebralarthrose häufiger als die Spondylosis deformans. Auch KROGDAHL und TORGERSEN (1940) stellten häufig Veränderungen an den Uncovertebralfortsätzen ohne irgendwelche Anzeichen für Spondylosis deformans fest, wohingegen letztere meist zusammen mit Uncovertebralarthrose auftrat. GIRAUDI (1931) hingegen sprach von einem "Epiphänomen einer Panarthrosis deformans cervicalis", er meinte damit ein gleichzeitiges Auftreten dieser beiden Veränderungen. Auch AUFDERMAUR (1960) ist der gleichen Ansicht.

Spondylosis deformans - Spondylarthrosis

Nach DE SÈZE (1951) treten die Spondylarthrosen nicht so häufig wie die Spondylosis deformans auf. AUFDERMAUR (1960) dagegen fand die beiden Veränderungen im gleichen Maße.

SCHMORL und JUNGHANNS (1932), LANGE (1936), KROGDAHL und TORGERSEN (1940), LIECHTI (1944), PAYNE und SPILLANE (1957), AUFDERMAUR (1960) sind sich darüber einig, daß kein Parallelismus zwischen dem Schweregrad dieser beiden Veränderungen besteht, sie scheinen sich gegenseitig auszuschließen. AUFDERMAUR (1960) ist der Ansicht, daß es bei schweren Wirbelkörperveränderungen zu einer Schonung der zugehörigen Wirbelgelenke kommt.

Spondylarthrose - Osteochondrose

Nach PAYNE und SPILLANE (1957) ist die Spondylarthrosis weniger häufig anzutreffen als Bandscheibenveränderungen. Dabei fanden LANGE (1936) und SÜSSE (1955/56) die Spondylarthrosis besonders an denjenigen Segmenten, die noch relativ frei von Chondrose waren.

Bei vorliegender Osteochondrose sind nach EXNER (1958) meist auch die Wirbelbogengelenke betroffen. Andererseits ist nach SCHMORL und JUNGHANNS (1932) die Osteochondrose Folge von Gelenkveränderungen.

Uncovertebralarthrose - Osteochondrose

Nach KROGDAHL und TORGERSEN (1940) sind die Osteochondrose und die Uncovertebralarthrose meist zusammen zu finden. EXNER (1958), ECKLIN (1960), AUFDERMAUR (1960), HIRSCH und Mitarb. (1967) sind der Auffassung, daß die uncovertebralen Veränderungen vor den osteochondrotischen auftreten. FENLIN (1971) fand in den kaudalen Segmenten ein gemeinsames Auftreten dieser beiden Veränderungen häufiger als in den kranialen.

2.5. F U N K T I O N DER HALSWIRBELSÄULE

Die insgesamt grazile Form der Halswirbel spricht für eine nur geringe statische Belastung zugunsten einer ausgeprägten Mobilität. Aufgrund der großen Beweglichkeit bezeichnete BÄRTSCHI-ROCHAIX (1949) die Halswirbelsäule auch als fünfte Extremität.

Zurückzuführen ist diese große Beweglichkeit auf das günstige Verhältnis zwischen Bandscheiben- und Wirbelkörperhöhe (FICK 1904) und die starke Gliederung der Halswirbelsäule.

JUNGHANNS (1951) führte den Begriff "Bewegungssegment" ein, darunter versteht man zwei benachbarte Wirbel mit ihren Verbindungen, d. h. Bandscheiben, Bänder und Wirbelbogengelenke.

Die Bandscheiben ermöglichen alle Bewegungen um unendlich viele Achsen, bestimmen aber die Größe des Bewegungsausschlages (TÖNDURY 1960). Dabei sind die cervicalen Bandscheibenspalten von besonderer Bedeutung, gerade für die Translationsbewegungen. Ein wirkliches Verschieben der Wirbelkörper gegeneinander wird hierdurch erst ermöglicht (ECKLIN 1960).
So ist nach FRYKHOLM (1951) und TÖNDURY (1974) diese Spaltenbildung auch als Anpassung an die besondere Funktion der Halswirbelsäule aufzufassen.

Über die funktionelle Bedeutung der Wirbelbogengelenke sind in der Literatur vielfältige Ansichten vertreten. So sind verschiedene Bezeichnungen zu finden: "straffe Wackelgelenke" (FICK 1904; ALBERS 1954), "typische Schlottergelenke" (GÜNTZ 1933), "Gelenke mit Führungs- und Hemmungsfunktion" (SCHENK 1963; FIELDING 1964; BOWDEN 1966; TÖNDURY 1968) sowie "Gelenke mit wesentlicher Schienenfunktion" (VIRCHOW 1928; KELLER 1958).

Die Uncovertebralfortsätze haben bedingt durch ihren gelenkartigen Charakter ebenso Anteil an der Bewegungsführung (ECKLIN 1960). Die Uncovertebralgelenke und die Wirbelbogengelenke ergänzen sich dabei funktionell in unterschiedlicher Weise (EXNER 1954; PAYNE und SPILLANE 1957; JIROUT 1968). Bedingt durch die sagittale Ausrichtung der Uncovertebralgelenke übernehmen sie eine Gleitschienenfunktion für die Sagittalbewegungen (COMPERE und Mitarb. 1958/59; PENNING 1968). Aufgrund der dorsalen Konvergenz scheinen sie eine Hyperlordosierung zu verhindern, weiterhin begrenzen sie die Seitneigung und die Rotation (WHITE und PANJABI 1978). Nach SCHENK (1963) verhindern sie ein seitliches Abgleiten der Wirbelkörper.

Die Dorsal- und Ventralbeugung - sagittale Bewegungen - sind bedingt durch die spezifische Stellung der Gelenkfazetten und die Ausrichtung der Uncovertebralfortsätze die Hauptbewegungsrichtung der Halswirbelsäule. Die größte Beweglichkeit ist hierbei im Segment C 5/6 zu finden (HADLEY 1949; DE SÈZE und Mitarb. 1951; FIELDING 1957).

Die Rotationsbewegung hingegen nimmt nach Bewegungsstudien von LYSELL (1969) von C_3 nach C_7 kontinuierlich ab, wobei allein Zweidrittel des gesamten Rotationsumfanges der Halswirbelsäule zwischen Atlas und Axis erfolgt.

Die Lateralflexion der Halswirbelsäule, die stets mit einer konkavseitigen Rotation verbunden ist, wird nach DITTMAR (1931) und BUETTI-BÄUML (1954) primär in dem mittleren und unteren Bewegungsabschnitt ausgeführt. BAKKE (1931), FIELDING (1964) sowie LYSELL (1969) sind der Ansicht, daß der kraniale Abschnitt der unteren Halswirbelsäule die größte Lateralflexibilität aufweist.

3. SPEZIELLER TEIL

3.1. MATERIAL UND METHODE

Für die morphologischen Untersuchungen standen insgesamt vierzig Leichenpräparate zur Verfügung. Das Alter der Obduzierten betrug 15 bis 81 Jahre, bei einem Altersdurchschnitt von 46 Jahren. 26 der Obduzierten waren männlichen 14 weiblichen Geschlechts (Abb. 2).

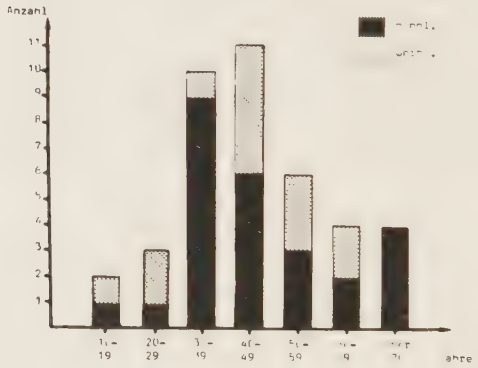

Abb. 2 : Alters- und Geschlechtsverteilung

Die entnommenen Präparate wurden zunächst von anheftender Muskulatur befreit und bis zur vollständigen Mazeration in eine Natriumhypochlorid - Lösung gelegt.

Die mazerierten Halswirbelkörper wurden dann ausgemessen und auf degenerative Formabweichungen untersucht. An den 200 Wirbeln der 40 Halswirbelsäulen - Präparate wurden folgende Strecken in Millimetern gemessen:

- Höhe, Breite, Tiefe der Wirbelkörper
- Länge und Höhe der Uncovertebralfortsätze
- vordere und hintere Höhe der Interarticular-portion
- Größe der Gelenkflächen
- Größe des Foramen vertebrae, sagittal und transversal
- Durchmesser des Foramen transversarium
- Durchmesser des Zwischenwirbelloches

Als Hilfsmittel für die Messungen dienten Stechzirkel, Gleitzirkel und Schnelltaster. Dabei wurden degenerativ bedingte Randwülste und -zacken bei den Messungen nicht berücksichtigt.

Sämtliche degenerativen Veränderungen wurden segmentweise betrachtet, dabei wurde speziell auf deren symmetrische oder asymmetrische Lokalisation geachtet. Degenerativ bedingte Randreaktionen bei Spondylose, Spondyl- und Uncovertebralarthrose unter 2mm Länge fanden keine Berücksichtigung, insbesondere dann nicht, wenn die Gegenseite stärkere Randwulstbildungen aufwies.

Sämtliche Daten wurden auf einem computergerechten Meßprotokoll festgehalten und anschließend auf Datenlochkarten übertragen.

Die statistische Auswertung wurde dann mit Hilfe des Bio Medical Computer Programms (BMDP) durchgeführt. Folgende Verfahren wurden angewendet:

- Deskriptive statistische Untersuchungen mit Häufigkeitsberechnungen und Mittelwertbestimmungen
- Standardabweichnungen der Mittelwerte und Varianzanalysen
- Vergleichende statistische Verfahren mit Aufstellung von Kreuztabellen und Korrelationskoeffizienten (P - Pearson)

3.1.1. Definitionen der Strecken

Die Definitionen der Strecken, die an den Halswirbelkörpern gemessen wurden, lehnen sich an die [illegible] gischen Maße von MARTIN - SALLER (1957) und THOMA 1913) an. Fanden sich keine entsprechenden Definitionen, so wurden neue Maße eingeführt.

Höhe der Wirbelkörper:

- Höhe vorn, ventraler vertikaler Durchmesser des Wirbelkörpers (Def.nach MARTIN - SALLER 1957)
  Geradlinige Entfernung der Deckplatte von der Bodenplatte, gemessen in der Mediansagittal - Ebene an der Ventralfläche des Wirbels. (Abb.3)
- Höhe Mitte, mittlerer vertikaler Durchmesser des Wirbelkörpers (Def.nach MARTIN -SALLER 1957)
  Geradlinige Entfernung des Mittelpunktes der Deckplatte von dem Mittelpunkt der Bodenplatte. (Abb.3)
- Höhe hinten, dorsaler vertikaler Durchmesser des Wirbelkörpers (Def.nach MARTIN -SALLER 1957)
  Geradlinige Entfernung der Deckplatte von der Bodenplatte, gemessen in der Mediansagittal - Ebene an der dorsalen Fläche des Wirbels. (Abb.3)
- Höhe Mitte rechts (links)
  Geradlinige Entfernung der Deckplatte von der Bodenplatte, gemessen in der Sagittal - Ebene, die durch den mittleren medialen Fußpunkt des rechten (linken) Uncovertebralfortsatzes läuft. (Abb.4)

Abbildung 3: Höhe der Wirbelkörper vorn, Mitte, hinten

Abbildung 4: Höhe der Wirbelkörper Mitte rechts,
Mitte links

Breite der Wirbelkörper:

- Deckplattenbreite vorn

  Geradlinige Entfernung derjenigen Punkte des ventralen Randes der Deckplatte voneinander, die von der medialen Fußpunktlinie der Processus uncinati rechts und links geschnitten werden. (Abb.5

- Deckplattenbreite Mitte

  Geradlinige Entfernung der von der Mediantransversal - Ebene geschnittenen Punkte voneinander, die an der lateral beginnenden Neigung des Uncovertebralfortsatz - Kammes rechts und links liegen. (Abb.5)

- Deckplattenbreite hinten

  Geradlinige Entfernung derjenigen Punkte des dorsalen Randes der Deckplatte voneinander, die von der medialen Fußpunktlinie der Processus uncinati rechts und links geschnitten werden. (Abb.5)

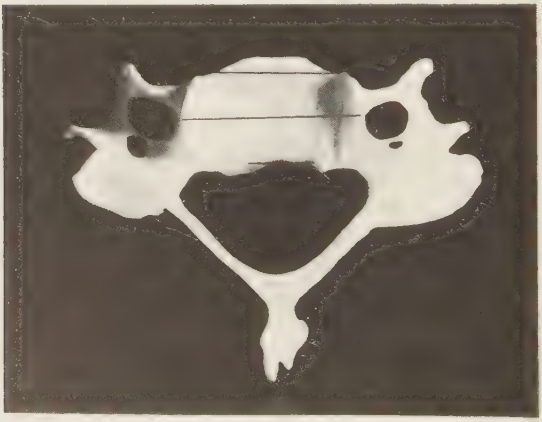

Abbildung 5: Deckplattenbreite der Wirbelkörper vorn, Mitte, hinten

- Bodenplattenbreite vorn
  Geradlinige Entfernung am ventralen Rand der Bodenplatte, gemessen zwischen den am weitesten lateral gelegenen Punkten. (Abb.)

- Bodenplattenbreite Mitte (Def. nach MARTIN -SALLER 1957)
  Geradlinige Entfernung der beiden am meisten seitlich ausladenden Punkte des Randes der Bodenplatte voneinander. (Abb.6)
  Bei vorhandenen Uncovertebralgelenk - Pfannen werden die tiefsten Punkte dieser Pfannen für die Messung herangezogen.

- Bodenplattenbreite hinten
  Geradlinige Entfernung am dorsalen Rand der Bodenplatte, gemessen zwischen den am weitesten lateral gelegenen Punkten. (Abb.6)

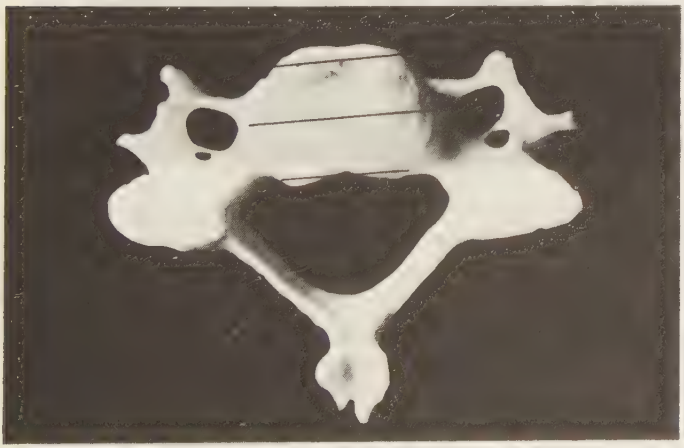

Abbildung 6: Bodenplattenbreite der Wirbelkörper vorn, Mitte, hinten

Tiefe der Wirbelkörper:

- Deckplattentiefe (Def. nach MARTIN - SALLER 1957) Geradlinige Entfernung derjenigen Punkte des Randes der Deckplatte voneinander, die an der ventralen und dorsalen Seite von der Mediansagittal - Ebene geschnitten werden. (Abb.7)

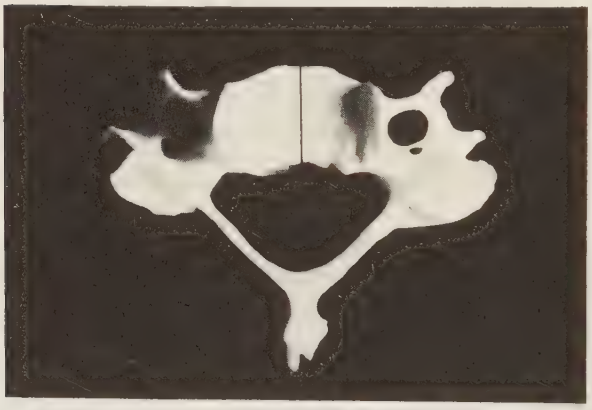

Abbildung 7: Deckplattentiefe der Wirbelkörper

- Bodenplattentiefe (Def.nach MARTIN -SALLER 1957) Geradlinige Entfernung derjenigen Punkte des Randes der Bodenplatte voneinander, die an der ventralen und dorsalen Seite von der Mediansagittal - Ebene geschnitten werden. (Abb.8)

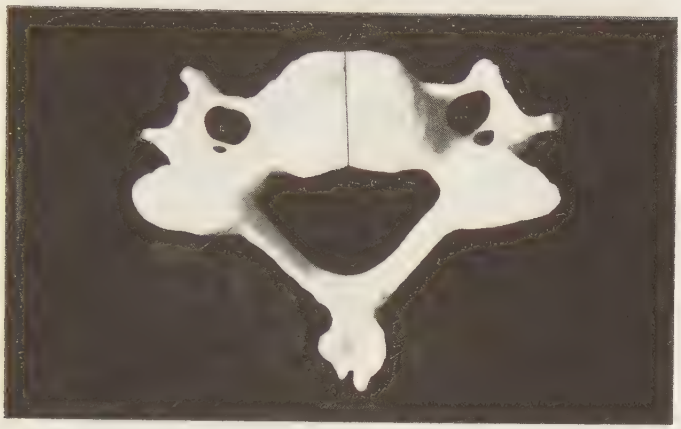

Abbildung 1: Deckenplattentiefe der Wirbelkörper

Uncovertebralfortsätze (Processus uncinati)

- Höhe der Uncovertebralfortsätze rechts links)
  Geradlinige Entfernung der beiden Punkte voneinander, die auf dem kranialen Rand des rechten (linken) Uncovertebralfortsatzes gelegen sind. (Abb.)

- Höhe der Uncovertebralfortsätze rechts (links)
  Geradlinige Entfernung zwischen dem höchsten Punkt auf der Kammlinie der Uncovertebralfortsätze und dem senkrecht darunter liegenden Punkt, der sich in der Frontalebene - Ebene des ventralen Randpunktes der Uncovertebralfortsätze befindet. (Abb.10)

- Höhe der Uncovertebralfortsätze unten rechts links)
  Geradlinige Entfernung zwischen dem bis zur Kammlinie des Uncovertebralfortsatzes transversal verlaufenden Punkt des dorsalen Randes der Deckplatte und dem höchsten Punkt des Uncovertebralfortsatzes über diesem Punkt. (Abb.11)

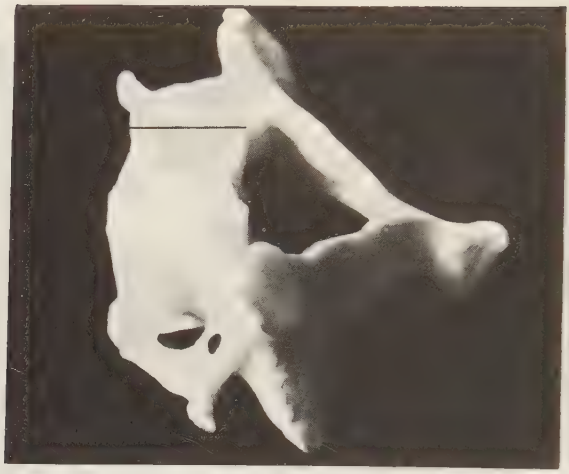

Abbildung 9: Länge der Uncovertebralfortsätze

Abbildung 10: Höhe der Uncovertebralfortsätze vorn

Abbildung 11: Höhe der Uncovertebralfortsätze hinten

- Horizontaler Abstand der Uncovertebralfortsätze vorn (hinten)

  Geradlinige Entfernung zwischen dem rechten und linken am ventralen (dorsalen) Rand der Uncovertebralfortsätze liegenden Punkt. (Abb.12)

Abbildung 12: Horizontaler Abstand der Uncovertebralfortsätze vorn und hinten

Wirbelbogengelenke

- Höhe der Interarticularportion (IAP) vorn (hinten) rechts (links)

  Geradlinige Entfernung zwischen den in der Mitte des ventralen (dorsalen) Randes der oberen und unteren Gelenkfläche gelegenen Punkte. (Abb.13)

Abbildung 13: Höhe der Interarticularportion vorn, hinten

- Horizontaler (vertikaler) Durchmesser der Gelenkflächen

  Geradlinige Entfernung des am meisten lateral (ventral) von dem am meisten medial (dorsal) gelegenen Punkt der Gelenkfläche, Spondylarthrosen in Form von Randwülsten, -rauhigkeiten werden nicht mitgemessen. (Abb.14)

- Horizontaler (vertikaler) Durchmesser der Gelenkfläche mit Spondylarthrose

  Spondylarthrosen werden mit in die Strecke einbezogen.

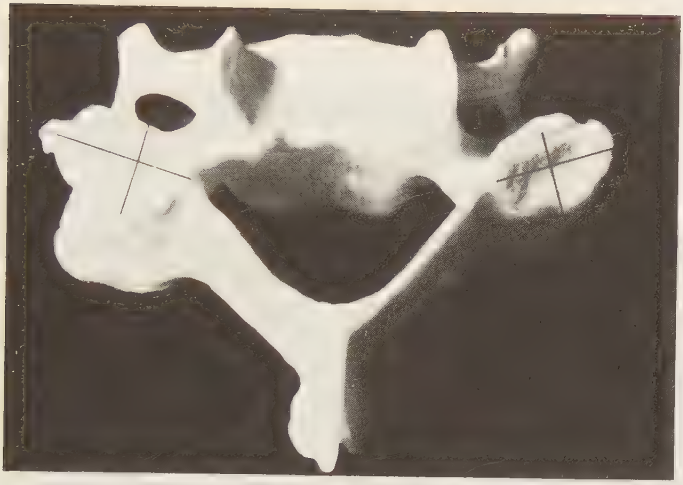

Abbildung 14: Horizontaler und vertikaler Durchmesser der Gelenkflächen

- Zwischenwirbelloch rechts / links ;
  [illegible] der Querschnitt der Incisura vertebralis superior zwischen Wirbelkörper und Processus articularis superior gemessen. (Abb.15)

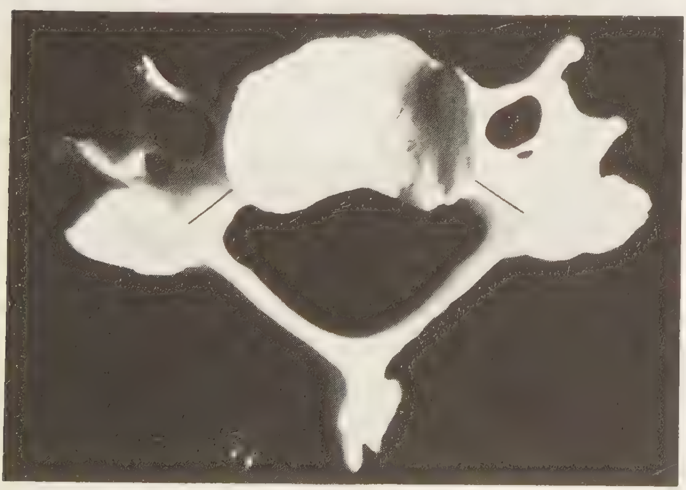

Abbildung 15: Größter Querschnitt der Zwischenwirbellöcher rechts und links

- Foramen intertransversarium
  Gemessen wird jeweils der größte Querschnitt des rechten und linken Foramens. Abb.16

Abbildung 16: Größter Querschnitt des Foramen intertransversarium rechts und links

- Sagittaler Durchmesser des Foramen vertebrale
  (Def.nach THOMSEN 1913)
  Geradlinige Entfernung des dorsalen oberen Randes des Wirbelkörpers vom Mittelpunkt des oberen Randes des gegenüberliegenden Wirbelbogens. (Abb.17)

- Transversaler Durchmesser des Foramen vertebrale
  (Def.nach THOMSEN 1913)
  Geradlinige Entfernung zwischen den medialen Punkten der Wurzeln der Wirbelkörper. (Abb.17)

- Oberer (unterer) Innenkantenabstand der Facetten
  Geradlinige Entfernung zwischen der medialen Wand des rechten und linken oberen (unteren) Processus articularis. (Abb.18)

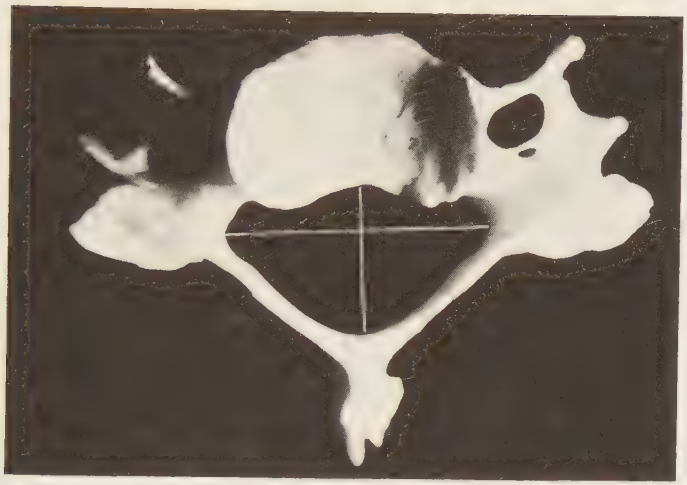

Abbildung 17: Sagittaler und transversaler Durchmesser des Foramen vertebrale

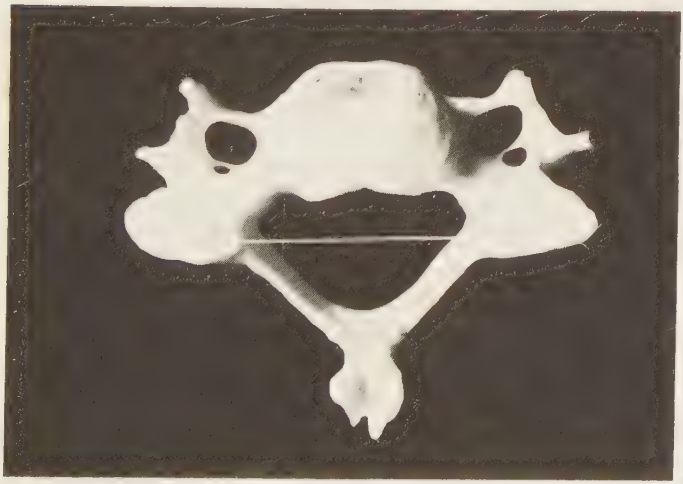

Abbildung 18: Innenkantenabstand

Als eines der Ergebnisse der morphometrischen Untersuchungen ist zu nennen, daß die Streubreite der Wirbelkörpermaße trotz der nicht berücksichtigten Körpergröße und des Gewichtes sehr gering ist.
Allgemein sind die Wirbel der weiblichen Obduzierten zierlicher und weisen somit auch kleinere Meßwerte auf.

3.2.1. Höhe der Wirbelkörper

Höhe vorn, Mitte, hinten, Mitte rechts, Mitte links

Die Hinterkante der Wirbelkörper mit durchschnittlich 13,6mm ist um 0,5 bis 0,9mm höher als die Vorderkante. Dabei ist die Differenz dieser beiden Höhen am Wirbelkörper C_3 und C_4 weniger ausgeprägt als bei den übrigen. Die mittlere Höhe weist mit 11,3mm den niedrigsten Wert in der Mediansagittal - Ebene auf. (Tab. 1)

C_5 und C_6, also die Wirbel des mittleren Halswirbelsäulen-Abschnittes, sind im Vergleich zu den übrigen flacher. Die gemessenen Werte für die Wirbelkörperhöhen von C_5 und C_6 sind verglichen mit denen von C_7 um ca. 1,2mm niedriger.
Die größten Werte sind bei den Wirbeln C_3 und C_7 zu finden.

Die Werte für die mittlere Höhe rechts und links, durchschnittlich 11,9mm, weisen keine seitenverschiedenen, auffälligen Formabweichungen auf. Wiederum weist der sechste Wirbelkörper niedrigere Werte auf als die übrigen Wirbelkörper. (Tab. 1)

Die Auflistung der gefundenen Höhen in verschiedene Altersgruppen ergab keine auffälligen Unterschiede.

Höhe der Wk	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	Mittelwert	P-Wert
Vordere Höhe	13,4 ±1,6	12,8 ±1,6	12,3 ±1,7	12,3 ±1,6	13,5 ±1,4	12,9 ±1,7	o,oooo4 ⊕
Mittlere Höhe	11,5 ±1,2	11,0 ±1,2	11,0 ±1,2	10,8 ±1,1	12,2 ±1,2	11,3 ±1,3	o,o ⊕
Hintere Höhe	13,9 ±1,5	13,4 ±1,2	13,2 ±1,3	13,1 ±1,3	14,4 ±1,2	13,6 ±1,4	o,o ⊕
Mittlere Höhe rechts	11,9 ±1,3	11,7 ±1,1	11,6 ±1,2	11,4 ±1,1	12,7 ±1,2	11,9 ±1,3	o,o ⊕
Mittlere Höhe links	11,9 ±1,2	11,7 ±1,2	11,7 ±1,3	11,5 ±1,1	12,6 ±1,2	11,9 ±1,2	o,ooo3 ⊕

Tabelle 1 : Die durchschnittlichen Höhenmaße ($\bar{x} \pm S$) der cervicalen Wirbelkörper (n= 200)

⊕ statistisch signifikant

3.2.2. Breite der Wirbelkörper

Von kranial nach kaudal nehmen sämtliche Breiten für Deck- und Bodenplatte kontinuierlich zu. Besonders groß ist diese Breitenzunahme von C_6 nach C_7 (Tab.2 und 3).

Die horizontalen Meßstrecken der Deck- und Bodenplatte spiegeln die vorwiegend ovaläre Form der Wirbelkörper wieder. Die geringste Breite an der Wirbelkörper - Deckplatte ist mit durchschnittlich 11,2mm an der dorsalen Kante zu finden. Die Deckplatte verbreitert sich zur Mitte hin auf 24,6mm, an der Vorderkante ist eine Breite von ca. 18mm zu finden.

Die mittlere Breite der Bodenplatte ist mit 22,3mm etwas kleiner als die der Deckplatte, zur ventralen und dorsalen Kante wird sie um 5-6mm schmaler.

Definitionsgemäß ist aus den Deckplattenbreiten die bevorzugte Verlaufsrichtung der seitlichen Knochenkämme abzulesen. Sie stehen dorsal wesentlich enger als vorne und in der Mitte zusammen.

Aufgrund der Definition für die mittlere Deckplattenbreite ergeben sich hier größere Werte als für die entsprechende Bodenplattenbreite. Ohne Einbeziehung der Processus uncinati in die Messung ist allerdings eine schmalere Deck- als Bodenplatte zu finden.

Bei der Aufteilung in drei Altersgruppen zeigt sich eine auffällige Zunahme der horizontalen Meßstrecken. Diese altersbedingte Verbreiterung ist allerdings nur descriptiv zu verwerten, da die Altersgruppen zu unterschiedlich besetzt sind.

DECKPL.BREITE	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	Mittelwert
VORNE (Durchschnitt)	14,4 ±1,6	16,2 ±1,5	17,0 ±1,6	19,1 ±1,9	23,0 ±2,2	17,9 ±3,4
I	14,0 ±1,6	15,7 ±1,4	16,4 ±1,4	18,3 ±1,9	22,5 ±2,0	17,4 ±3,4
II	14,8 ±1,3	16,2 ±1,4	16,9 ±1,3	19,1 ±1,5	22,5 ±1,9	17,9 ±3,1
III	15,3 ±2,2	17,3 ±1,9	18,4 ±1,9	21,1 ±0,9	25,3 ±1,8	19,6 ±3,9
P- Wert	0,155	0,067	0,014 ●	0,001 ●	0,005 ●	0,004 ●
MITTE (Durchschnitt)	21,5 ±1,4	23,2 ±2,3	24,0 ±2,2	25,9 ±2,5	28,3 ±2,7	24,6 ±3,2
I	21,5 ±1,4	22,6 ±1,8	23,3 ±1,7	25,0 ±2,0	27,1 ±2,0	23,9 ±2,6
II	21,2 ±1,4	22,7 ±1,7	23,5 ±2,0	25,4 ±2,2	27,7 ±1,6	24,1 ±2,9
III	22,3 ±1,4	26,0 ±2,7	26,7 ±1,6	29,1 ±1,6	32,7 ±1,8	27,5 ±3,9
P- Wert	0,267	0,0006 ●	0,0005 ●	0,0002 ●	0,0 ●	0,0 ●
HINTEN (Durchschnitt)	9,6 ±1,3	9,9 ±1,0	10,7 ±1,3	12,0 ±1,9	13,9 ±2,6	11,2 ±2,3
I	9,1 ±1,2	9,8 ±1,1	10,3 ±1,1	11,8 ±2,0	13,2 ±2,5	10,8 ±2,2
II	10,0 ±1,3	9,8 ±0,7	10,5 ±1,2	11,8 ±1,7	13,3 ±1,6	11,1 ±1,9
III	9,7 ±1,6	10,7 ±1,3	11,9 ±1,2	12,6 ±2,2	17,0 ±2,6	12,4 ±3,1
P- Wert	0,168	0,066	0,019 ●	0,645	0,0009 ●	0,002 ●

Tabelle 2: Durchschnittliche Deckplattenbreite und deren Altersabhängigkeit (n= 200)

I =bis 39 Jahre
II =40 - 59 Jahre
III =über 60 Jahre

● statistisch signifikant

BODENPL.BREITE	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	Mittelwert
VORNE (Durchschnitt)	13,5 ±1,5	14,0 ±1,6	16,2 ±1,8	19,7 ±2,5	23,4 ±2,6	17,4 ±4,3
I	13,3 ±1,4	13,7 ±1,5	15,8 ±1,6	19,6 ±2,4	23,7 ±2,7	17,2 ±4,4
II	13,3 ±1,3	13,8 ±1,1	15,7 ±1,5	19,4 ±1,9	22,7 ±2,2	17,0 ±4,0
III	14,5 ±2,1	15,3 ±2,1	18,1 ±1,8	20,7 ±3,6	24,3 ±3,1	18,7 ±4,4
P- Wert	0,185	0,053	0,003 ●	0,500	0,332	0,120
MITTE (Durchschnitt)	19,7 ±2,3	20,4 ±2,3	21,4 ±2,8	23,6 ±2,6	26,7 ±2,8	22,3 ±3,6
I	19,3 ±2,0	19,6 ±2,1	20,4 ±2,0	22,1 ±2,2	26,3 ±2,9	21,5 ±3,4
II	19,1 ±2,2	20,2 ±2,1	20,9 ±2,8	22,8 ±1,9	26,2 ±2,4	21,8 ±3,4
III	22,3 ±1,8	22,7 ±2,0	24,9 ±1,8	26,9 ±1,7	28,7 ±2,9	25,2 ±3,1
P- Wert	0,005 ●	0,006 ●	0,0005 ●	0,0009 ●	0,101	0,0 ●
HINTEN (Durchschnitt)	14,2 ±1,6	14,8 ±1,6	15,7 ±1,8	16,3 ±1,8	17,7 ±2,2	15,8 ±2,2
I	14,4 ±1,8	14,3 ±1,6	15,1 ±1,7	15,9 ±1,7	16,9 ±1,5	15,3 ±1,9
II	13,6 ±1,3	14,7 ±1,5	15,4 ±1,7	16,0 ±1,6	18,1 ±2,8	15,6 ±2,4
III	15,3 ±1,2	16,3 ±1,0	17,6 ±1,3	18,1 ±1,4	18,4 ±1,8	17,2 ±1,7
P- Wert	0,054	0,016 ●	0,007 ●	0,007 ●	0,201	0,0001 ●

Tabelle 3: Durchschnittliche Bodenplattenbreite und deren Altersabhängigkeit (n= 200)

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = über 60 Jahre

● statistisch signifikant

3.2.3. Tiefe der Wirbelkörper

Die Deck- und Bodenplattentiefen nehmen von C_3 nach C_6 kontinuierlich zu. Bedingt durch die Pyramidenform der Halswirbel sind mit Ausnahme des siebten Wirbelkörpers an der Bodenplatte jeweils die größeren Werte zu finden. Der fünfte Wirbel weist mit 1,4mm die größte Differenz zwischen Deck- und Bodenplattentiefe auf. (Tab.4)

Die Deckplatte des siebten Wirbels ist mit 16,5mm tiefer als die der übrigen, wohingegen seine Bodenplattentiefe etwa derjenigen des vierten Wirbels entspricht.

Wiederum ist eine altersabhängige Tiefenzunahme festzustellen. Besonders deutlich ist diese Zunahme an den Wirbeln C_5, C_6 und der Deckplatte von C_7.

3.2.4. Länge der Uncovertebralfortsätze

(UVG, Processus uncinati)

Die längsten Processus uncinati sind am Wirbelkörper C_4, C_5 mit knapp 13mm zu finden. Ihre Länge nimmt nach kranial und kaudal ab. Am siebten Wirbelkörper sind mit 9,9mm die kürzesten Hakenfortsätze zu finden. (Tab.5)

Der Vergleich der gefundenen Werte für die rechte und linke Seite ergibt keine Auffälligkeiten.

	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	Mittelwert
DECKPLATTENTIEFE (Durchschnitt)	14,0 ±1,6	14,6 ±2,0	15,2 ±2,2	16,2 ±2,4	16,5 ±2,2	15,3 ±2,3
I	13,8 ±1,6	14,1 ±1,5	14,3 ±1,3	15,2 ±2,0	15,7 ±2,3	14,6 ±1,9
II	13,7 ±1,5	14,4 ±2,1	15,0 ±2,4	16,0 ±2,1	16,0 ±1,6	15,0 ±2,1
III	15,2 ±1,2	16,3 ±2,0	17,7 ±1,8	19,1 ±1,7	19,3 ±1,8	17,6 ±2,3
P-Wert	0,112	0,033 ●	0,001 ●	0,0005 ●	0,0005 ●	0,0 ●
BODENPLATTENTIEFE (Durchschnitt)	15,1 ±1,7	15,6 ±2,2	16,6 ±2,4	16,8 ±2,4	15,9 ±2,0	16,0 ±2,2
I	14,8 ±1,6	14,9 ±1,6	15,8 ±1,6	16,0 ±2,2	15,4 ±1,7	15,4 ±1,8
II	14,9 ±1,8	15,4 ±2,4	16,2 ±2,3	16,3 ±1,8	15,6 ±1,8	15,7 ±2,1
III	16,7 ±1,2	17,9 ±2,0	19,6 ±1,7	19,6 ±2,0	17,4 ±2,3	18,2 ±2,1
P-Wert	0,046 ●	0,007 ●	0,0003 ●	0,001 ●	0,059	0,0 ●

Tabelle 4 : Durchschnittliche Tiefe der Deck- und Bodenplatten und deren Altersabhängigkeiten (n= 200)

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = über 60 Jahre

● statistisch signifikant

	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	Mittelwert
RECHTS (Durchschnitt)	12,3 ±1,7	12,7 ±2,1	12,8 ±2,1	12,1 ±2,4	9,9 ±1,8	12,0 ±2,3
I	12,8 ±1,8	12,4 ±1,4	12,3 ±1,4	10,9 ±1,6	9,1 ±1,2	11,5 ±2,0
II	11,7 ±1,6	12,2 ±2,1	12,7 ±2,7	12,3 ±2,5	10,3 ±1,5	11,8 ±2,2
III	12,8 ±1,5	14,3 ±2,8	14,1 ±1,9	14,4 ±2,4	11,0 ±2,7	13,4 ±2,6
P-Wert	o,1o6	o,o77	o,1444	o,oo38 ●	o,o24 ●	o,ooo2 ●
LINKS (Durchschnitt)	12,4 ±1,6	12,6 ±2,2	12,6 ±1,9	12,3 ±2,6	10,2 ±2,1	12,0 ±2,3
I	12,6 ±1,5	12,1 ±1,5	12,0 ±1,5	11,1 ±1,8	9,4 ±1,7	11,4 ±1,9
II	12,1 ±1,9	12,5 ±2,6	12,5 ±2,1	12,7 ±3,0	10,2 ±1,9	12,0 ±2,5
III	12,7 ±1,0	13,9 ±2,0	14,0 ±1,5	14,3 ±1,8	11,7 ±2,4	13,3 ±2,0
P-Wert	o,673	o,181	o,o6	o,o17 ●	o,o37 ●	o,ooo2 ●

Tabelle 5 : Die durchschnittliche Länge der Processus uncinati und deren Altersabhängigkeit (n= 400)

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = über 60 Jahre

● statistisch signifikant

Altersabhängig nimmt im Rahmen von arthrotischen An- und Umbauvorgängen die Länge der Processus uncinati zu. Besonders betroffen von dieser Längenzunahme ist in erster Linie der sechste Wirbel, der dritte zeigt fast keine Längenveränderungen.

3.2.5. Höhe der Uncovertebralfortsätze

Höhe vorn, hinten

Die Processus uncinati sind vorn jeweils um ca. 2mm höher als hinten. Der siebte Wirbel weist die niedrigsten ventralen und dorsalen Höhen auf. Die größte ventrale Höhe der Processus uncinati ist mit knapp 6mm an den Wirbeln C_5 und C_6 zu finden. Die Höhen der übrigen Uncovertebralfortsätze sind um wenig niedriger. (Tab.6)

Im Altersvergleich zeigt sich eine zunehmende Abflachung der Fortsätze im dorsalen Bereich, wohingegen die ventrale Höhe geringgradig größer wird.

Der Seitenvergleich der gemessenen Höhen ergibt keine Besonderheiten.

Das ausgeprägteste Höhen - Längen - Verhältnis ist aufgrund der gefundenen Werte am Halswirbelkörper C_4, C_5 und C_6 zu finden. (Tab.5 und 6)

Höhe der Processus uncinati

	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	GESAMT	Mittelwerte I	II	III	P-Wert
LINKS										
vorne	5,2 ±1,3	4,9 ±1,2	5,3 ±1,2	5,5 ±1,4	4,6 ±1,2	5,1 ± 1,3	4,9 ±1,2	5,2 ±1,3	5,4 ±1,4	0,129
hinten	3,4 ±0,9	3,8 ±0,9	3,3 ±0,7	3,1 ±1,0	2,8 ±1,0	3,3 ±1,0	3,3 ±0,9	3,4 ±1,0	2,9 ±0,9	0,02 *
RECHTS										
vorne	5,4 ±1,3	5,4 ±1,4	5,7 ±1,2	5,6 ±1,3	4,9 ±1,2	5,4 ±1,3	5,3 ±1,2	5,4 ±1,3	5,7 ±1,5	0,281
hinten	3,1 ±0,9	3,4 ±1,0	3,0 ±0,8	2,9 ±0,9	2,6 ±1,0	3,0 ±0,9	3,2 ±0,9	3,0 ±0,9	2,5 ±0,9	0,02 *

Tabelle 6: Durchschnittliche vordere und hintere Höhe der Processus uncinati und deren Altersabhängigkeit (n= 400)

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = über 60 Jahre

3.2.6. Horizontaler Abstand der Uncovertebralfortsätze

Horizontaler Abstand vorn, hinten

Wie erwartet nimmt der Abstand der Processus uncinati von kranial nach kaudal zu, entsprechend der zunehmenden Deckplattenbreite. (Tab.7)

Aufgrund des vorderen und hinteren Abstandes der Uncovertebralfortsätze läßt sich ihr sagittales Krümmungsverhalten untersuchen. Sie sind bevorzugt sagittal ausgerichtet und konvergieren im dorsalen Anteil der Deckplatte. An den Processus uncinati des fünften Wirbelkörpers ist die im Vergleich zu den übrigen Wirbeln geringste Differenz zwischen vorderem und hinterem Abstand festzustellen, sie konvergieren also am wenigsten. Die Uncovertebralfortsätze des Wirbels C_7 zeigen die ausgeprägteste Konvergenz.

Die altersabhängige Zunahme der Meßwerte ist wiederum deutlich festzustellen.

3.2.7. Höhe der Interarticularportion

Die Höhen der Interarticularportionen zeigen nur geringe segmentale Differenzen. Mit 16mm wurde ventral und dorsal die größte Höhe am siebten Wirbel gefunden. (Tab.8)

UVG - Abstand	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	Mittelwert
VORNE	17,8 ±1,6	19,5 ±1,9	20,3 ±2,0	23,1 ±2,2	26,8 ±2,3	21,5 ±3,8
I	17,6 ±1,8	18,9 ±1,7	19,6 ±1,6	22,3 ±1,8	26,2 ±1,9	20,9 ±3,5
II	17,7 ±1,2	19,1 ±1,5	20,0 ±1,7	22,9 ±1,9	26,1 ±1,7	21,2 ±3,5
III	18,8 ±1,9	21,6 ±2,1	22,6 ±2,0	25,6 ±1,9	30,0 ±1,4	23,9 ±4,2
P-Wert	0,248	0,003 ●	0,001 ●	0,001 ●	0,0 ●	0,0003 ●
HINTEN	16,3 ±1,6	17,5 ±2,6	19,3 ±2,4	21,2 ±2,9	21,7 ±2,9	19,2 ±3,2
I	15,9 ±1,4	16,8 ±2,5	18,6 ±1,8	20,3 ±2,2	21,1 ±2,7	18,6 ±2,9
II	16,4 ±2,0	17,0 ±1,8	19,2 ±2,9	20,9 ±3,3	21,0 ±2,8	18,9 ±3,2
III	17,2 ±0,8	20,4 ±2,5	21,0 ±1,7	24,0 ±1,3	24,9 ±1,5	21,6 ±3,1
P-Wert	0,292	0,002 ●	0,075	0,011 ●	0,004 ●	0,0 ●

Tabelle 7 : Durchschnittlicher horizontaler Abstand der Processus uncinati (UVG) und deren Altersabhängigkeit (n= 200)

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = über 60 Jahre

● statistisch signifikant

Höhe der IAP	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	Mittelwert
RECHTS						
ventral	13,5 ±1,9	13,6 ±1,6	13,4 ±1,9	13,7 ±1,5	16,5 ±2,0	14,2 ±2,1
dorsal	12,8 ±2,3	12,9 ±2,1	13,0 ±1,6	14,9 ±1,4	16,3 ±2,4	13,9 ±2,4
LINKS						
ventral	13,5 ±1,9	13,7 ±2,2	13,6 ±1,7	13,6 ±1,9	15,9 ±1,9	14,0 ±2,1
dorsal	12,8 ±2,3	12,8 ±1,9	13,6 ±1,7	14,7 ±1,6	16,4 ±2,3	14,0 ±2,4

Tabelle 8 : Die durchschnittliche Höhe der Interarticularportion (IAP) (n= 400)

Zu bemerken ist, daß die Zwischenwirbelgelenkstücke von C_3 bis C_5 ventral etwas kräftiger sind als dorsal. Wohingegen bei C_6 und C_7 das umgekehrte Verhältnis vorliegt.

Auffällig ist weiterhin, daß die Summen der einzelnen Höhen der Interarticularportionen (Summe vorn rechts, vorn links, hinten rechts, hinten links) eines Halswirbelsäulenpräparates ungefähr gleich sind. Größere Höhendifferenzen innerhalb eines Segmentes scheinen von den kranial und kaudal folgenden Wirbeln durch Umbauvorgänge an den Interarticularportionen ausgeglichen zu werden.

3.2.8. Horizontale und vertikale Durchmesser der oberen und unteren Gelenkflächen mit und ohne Spondylarthrose

Insgesamt nehmen die Durchmesser der Gelenkfazetten in kranio-kaudaler Richtung nur gering zu. (Tab. 9 und 10). Die horizontalen Durchmesser sind mit durchschnittlich 11mm größer als die vertikalen (9mm), dies entspricht einer vorherrschend querovalen Form der Fazetten.
In den kaudalen Abschnitten sind die größten horizontalen und gleichzeitig die kleineren vertikalen Durchmesser zu finden. In den kranialen Abschnitten dagegen sind die größten vertikalen Durchmesser mit den kleineren horizontalen anzutreffen. Daraus ergibt sich für die Zwischengelenkstücke der Wirbel C_3 und C_4 eine mehr kreisförmige, für die kaudalen Gelenke eine zunehmende querovale Form.

Durchmesser der oberen Gelenkflächen		C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	Mittelwert	P-Wert
RECHTS-HORIZONTAL								
SPA	ohne	10,9 ±1,3	10,8 ±1,4	11,3 ±1,6	11,5 ±1,5	11,9 ±1,5	11,3 ±1,5	o,oo38 ⊛
	mit	12,0 ±1,5	12,1 ±1,6	12,5 ±1,7	13,1 ±1,6	13,8 ±1,6	12,7 ±1,7	o,o ⊛
LINKS-HORIZONTAL								
SPA	ohne	10,4 ±1,2	10,8 ±1,2	10,9 ±1,4	11,4 ±1,3	11,2 ±1,4	10,9 ±1,4	o,o176 ⊛
	mit	11,9 ±1,7	12,3 ±1,8	12,2 ±1,3	12,6 ±1,2	13,1 ±1,4	12,4 ±1,5	o,oo6 ⊛
RECHTS-VERTIKAL								
SPA	ohne	9,4 ±1,4	10,1 ±1,7	9,7 ±1,6	9,1 ±1,4	8,7 ±1,2	9,4 ±1,5	o,ooo7 ⊛
	mit	11,3 ±2,1	12,0 ±2,2	11,3 ±2,2	10,4 ±1,8	9,9 ±1,6	11,0 ±2,1	o,o ⊛
LINKS-VERTIKAL								
SPA	ohne	9,7 ±1,2	9,9 ±1,1	9,3 ±1,2	8,9 ±0,9	8,5 ±1,2	9,3 ±1,2	o,o ⊛
	mit	11,7 ±2,1	12,1 ±2,0	10,8 ±1,4	9,9 ±0,9	9,7 ±1,5	10,9 ±1,9	o,o ⊛

Tabelle 9: Die horizontalen und vertikalen Durchmesser der oberen Gelenkflächen mit und ohne Spondylarthrose (SPA) (n= 400)

⊛ statistisch signifikant

Durchmesser der unteren Gelenkflächen		C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	Mittelwert	P-Wert
RECHTS-HORIZONTAL								
SPA	ohne	10,7 ±1,2	11,1 ±1,3	11,3 ±1,6	11,6 ±1,7	11,8 ±1,7	11,3 ±1,5	0,0166 ⊕
	mit	12,2 ±1,5	12,8 ±2,0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	⊕
LINKS-HORIZONTAL								
SPA	ohne	10,5 ±1,4	11,0 ±1,2	11,1 ±1,4	11,1 ±1,3	11,3 ±1,5	11,0 ±1,4	0,1224 ⊕
	mit	11,9 ±2,0	12,4 ±1,3	12,6 ±1,4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	⊕
RECHTS-VERTIKAL								
SPA	ohne	9,6 ±1,6	9,8 ±1,4	9,1 ±1,3	8,7 ±1,3	9,4 ±1,5	9,3 ±1,4	0,0082 ⊕
	mit	12,0 ±2,0	11,7 ±2,0	11,1 ±1,6	10,7 ±1,8	11,5 ±2,8	11,4 ±2,1	0,0856
LINKS-VERTIKAL								
SPA	ohne	9,6 ±1,4	9,5 ±1,0	9,0 ±1,1	9,1 ±0,8	9,8 ±1,5	9,4 ±1,2	0,0148 ⊕
	mit	12,3 ±2,1	11,3 ±1,3	10,5 ±1,3	10,5 ±1,1	11,7 ±2,3	11,3 ±1,8	0,0 ⊕

Tabelle 10: Die horizontalen und vertikalen Durchmesser der unteren Gelenkflächen mit und ohne Spondylarthrose (SPA)

(n= 400)

⊕ statistisch signifikant

Die die Spondylarthrose berücksichtigenden Durchmesser der Gelenkflächen spiegeln für die Wirbel C_3, C_4 und in gewissem Maße für C_5 wiederum eine vorwiegend kreisähnliche Form wieder. Aufgrund der bevorzugten seitlichen Apposition von Randzacken lassen sich in den Segmenten C 5/6 und C 6/7 ansteigende Verhältniswerte der horizontalen zu den vertikalen Durchmessern finden.

Der Seitenvergleich läßt keine Auffälligkeiten erkennen. Auch ist zwischen den oberen und unteren Gelenkflächen keine nennenswerte Größendifferenz festzustellen. Vergleicht man die Durchmesser, die die Spondylarthrosen mit berücksichtigen, so weisen die oberen Gelenkflächen kleinere Werte auf.

3.2.9. Zwischenwirbelloch rechts und links

Am dritten und siebten Wirbel sind mit durchschnittlich 5mm die größeren Zwischenwirbellöcher zu finden. Eine altersbedingte Verschmälerung ist festzustellen, die besonders am Wirbel C_5 und C_6 deutlich wird. (Tab. 11). Auffällig ist weiterhin ein durchweg größerer Querschnitt des Zwischenwirbelloches bei Wirbeln der weiblichen Obduzierten.

3.2.10. Foramen intertransversarium

Der dritte und sechste Wirbel weisen mit ca. 6,6mm gegenüber den übrigen etwas größere Foramina intertransversaria auf. (Tab. 12). Mit 5mm haben die Foramina des

	C3	C4	C5	C6	C7	Mittelwert	P-Wert
LINKS	5,1 ±1,2	4,5 ±1,1	4,7 ±0,9	4,7 ±1,2	5,1 ±1,0	4,8 ±1,1	0,0275 ⊕
I	5,5 ±1,1	4,5 ±1,1	4,9 ±0,9	5,4 ±1,2	5,6 ±0,9	5,2 ±1,1	
II	4,9 ±1,1	4,5 ±1,1	4,6 ±0,7	4,2 ±0,9	4,9 ±1,0	4,6 ±1,0	
III	4,8 ±1,3	4,5 ±1,1	4,3 ±1,3	4,0 ±1,2	4,4 ±1,1	4,2 ±1,2	
P-Wert	0,247	0,909	0,259	0,0029⊕	0,0304⊕	0,0001⊕	
RECHTS	5,3 ±1,0	4,5 ±1,0	4,5 ±1,2	4,9 ±1,2	5,2 ±0,9	4,9 ±1,1	0,0004 ⊕
I	5,5 ±0,8	4,5 ±1,0	5,0 ±1,0	5,6 ±1,2	5,6 ±0,9	5,2 ±1,0	
II	5,5 ±0,9	4,5 ±1,0	4,3 ±1,2	4,5 ±1,0	5,0 ±0,9	4,8 ±1,1	
III	4,8 ±1,3	3,7 ±1,0	3,7 ±1,1	4,3 ±1,3	4,6 ±0,8	4,2 ±1,1	
P-Wert	0,297	0,074	0,033 ⊕	0,0136⊕	0,0218⊕	0,0 ⊕	

Tabelle 11 : Durchschnittliche Durchmesser der Zwischenwirbellöcher (n= 400)

I = bis 39 Jahre
II = 40 -59 Jahre
III = über 60 Jahre

⊕ statistisch signifikant

	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	Mittelwert	P-Wert
LINKS	6,6 ±0,7	6,4 ±0,9	6,3 ±0,9	6,7 ±0,9	5,2 ±1,5	6,2 ±1,2	o,o ⊕
I	6,8 ±0,6	6,4 ±0,8	6,5 ±0,6	6,7 ±0,7	5,6 ±1,7	6,4 ±1,0	
II	6,7 ±0,8	6,4 ±0,9	6,4 ±0,9	6,8 ±1,1	5,1 ±1,4	6,3 ±1,2	
III	6,3 ±0,8	6,1 ±1,1	5,9 ±1,4	6,4 ±0,8	4,6 ±1,3	5,9 ±1,2	
P-Wert	o,479	o,759	o,286	o,629	o,3329	o,0749	
RECHTS	6,5 ±0,8	6,2 ±0,8	6,2 ±0,8	6,5 ±0,9	5,1 ±1,8	6,1 ±1,2	o,o ⊕
I	6,6 ±0,7	6,4 ±0,7	6,1 ±0,7	6,3 ±0,8	5,5 ±1,6	6,2 ±1,0	
II	6,5 ±0,8	6,0 ±0,9	6,4 ±0,7	6,9 ±1,0	5,1 ±2,2	6,2 ±1,4	
III	6,0 ±0,6	6,3 ±0,8	5,9 ±1,1	6,3 ±0,8	4,3 ±0,8	5,7 ±1,1	
P-Wert	o,219	o,416	o,29o	o,159	o,334	o,163	

Tabelle 12 : Durchschnittliche Durchmesser der Foramina intertransversaria (n= 400)

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = über 60 Jahre

⊕ statistisch signifikant

siebten Wirbels die kleinsten Durchmesser. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß gerade am siebten Wirbel oft zwei sehr kleine Foramina bzw. gar keins auftreten; dies ging aber nicht in die Mittelwert - Berechnung mit ein.

Mit zunehmendem Alter kommt es zu einer Einengung der Foramina, dies ist allerdings statistisch nicht signifikant. Im Seitenvergleich lassen sich geringgradig größere linke Foramina feststellen.

3.2.11. Foramen vertebrale

Sagittaler und transversaler Durchmesser

An den fünften und sechsten Wirbelkörpern sind mit 25,4mm die größten transversalen Durchmesser zu finden. Der dritte Wirbel weist mit 23,8mm die geringste Breite auf, wohingegen sein sagittaler Durchmesser (15,2mm) größer ist als der der übrigen Wirbelkörper. (Tab. 13).

Altersbedingt kommt es zu einer Verringerung des sagittalen und einer Vergrößerung des transversalen Durchmessers. Dies ist allerdings nur für die Mittelwerte der gesamten Wirbelkörper und nicht für die einzelnen Wirbelkörper - Segmente statistisch signifikant.

	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	Mittelwert	P-Wert
SAGITTAL	15,2 ±1,4	14,7 ±1,4	14,4 ±1,4	14,3 ±1,5	14,3 ±1,6	14,6 ±1,5	0,04 ⊕
I	15,2 ±0,9	15,0 ±0,9	14,9 ±1,0	14,8 ±1,1	14,8 ±1,4	14,9 ±1,1	
II	14,9 ±1,6	14,2 ±1,8	14,4 ±1,5	14,2 ±1,8	14,4 ±1,6	14,5 ±1,7	
III	14,3 ±1,0	14,1 ±1,4	13,4 ±1,4	13,7 ±1,7	13,7 ±1,3	13,8 ±1,3	
P- Wert	0,054	0,373	0,058	0,4575	0,5604	0,0012 ⊕	
TRANSVERSAL	23,8 ±1,5	24,8 ±1,2	25,4 ±1,4	25,4 ±1,4	24,8 ±1,6	24,8 ±1,6	0,0 ⊕
I	23,9 ±1,6	25,0 ±1,2	25,4 ±1,3	25,6 ±1,4	25,2 ±1,6	25,0 ±1,5	
II	23,5 ±1,7	24,5 ±1,4	25,3 ±1,7	25,1 ±1,5	24,2 ±1,8	24,5 ±1,7	
III	24,2 ±1,2	24,9 ±0,7	25,9 ±0,9	25,9 ±1,1	25,1 ±1,4	25,2 ±1,2	
P- Wert	0,622	0,537	0,649	0,351	0,205	0,0285 ⊕	

Tabelle 13 : Durchschnittliche Durchmesser des Foramen vertebrale sagittal und transversal (n. 200)

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = über 60 Jahre

⊕ statistisch signifikant

3.3.12. Innenkantenabstand der Facetten oben und unten

Am fünften Wirbel sind die größten oberen und unteren Innenkantenabstände zu finden, am Wirbel C_7 dagegen die kleinsten. (Tab.14)

Vom dritten bis fünften Wirbel sind jeweils die unteren Innenkantenabstände größer als die oberen, während es bei C_6 und C_7 genau umgekehrt ist. Besonders deutlich ist diese Differenz zwischen oberem und unterem Wert am siebten Wirbel, wo eine Differenz von fast 5mm zu finden ist.

Innenkanten-abstand	OBEN	UNTEN
C_3	24,7 ±1,9	26,5 ±1,7
C_4	25,4 ±1,5	26,9 ±2,2
C_5	25,1 ±2,2	27,3 ±2,5
C_6	25,9 ±2,5	25,2 ±3,1
C_7	24,3 ±2,7	19,7 ±2,8
Mittelwert	25,2 ±2,3	25,1 ±3,8
P - Wert	o,oo1 ⊕	o,o ⊕

Tabelle 14: Durchschnittliche Innenkantenabstände oben und unten (n= 200)
⊕ statistisch signifikant

3.3 DEGENERATIVE VERÄNDERUNGEN

3.3.1. Segmentales Verteilungsmuster degenerativer Formveränderungen

Die Uncovertebralarthrose kann bei insgesamt 46 Prozent der Präparate beobachtet werden, wobei die kaudalen Segmente geringgradig stärker betroffen sind als die kranialen. (Abb.19, Tab.15)

Die Uncovertebralarthrose ist dabei in den Segmenten C_3 bis C_5 gehäuft nur einseitig anzutreffen. Im Segment C 3/4 weisen 35 Prozent der Präparate asymmetrische Veränderungen der Uncovertebralgelenke auf. Mehr symmetrisches Vorkommen ist in den Segmenten C 5/6 und C 6/7 vorzufinden.

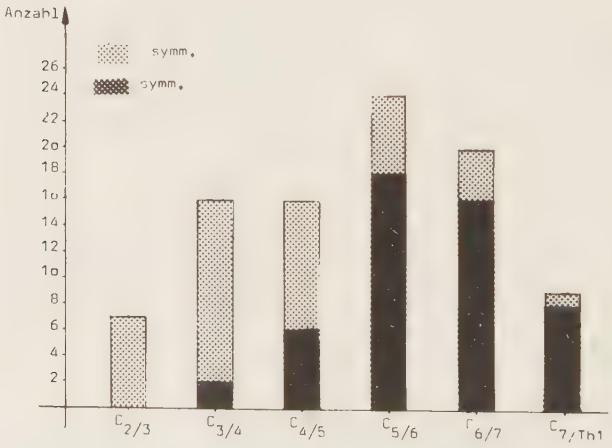

Abbildung 19: Segmentale Verteilung der Uncovertebralarthrose, nach symmetrischer und asymmetrischer Lokalisation aufgelistet

Die S p o n d y l a r t h r o s e ist bei 41 Prozent der Präparate vorzufinden. Die kranialen und kaudalen Segmente weisen ungefähr gleiche prozentuale Häufigkeiten auf. Dabei sind allerdings die kranialen Segmente hochgradiger betroffen. (Abb.20, Tab.15)

Ähnlich der Uncovertebralarthrose ist auch die Spondylarthrose von C_3 bis C_5 mehr einseitig anzutreffen. Besonders deutlich wird dies im Segment C 3/4, wo 40 Prozent asymmetrische Spondylarthrosen zu finden sind. Wiederum treten die Veränderungen der Wirbelbogengelenke im Segment C 5/6 und C 6/7 mehr symmetrisch auf.

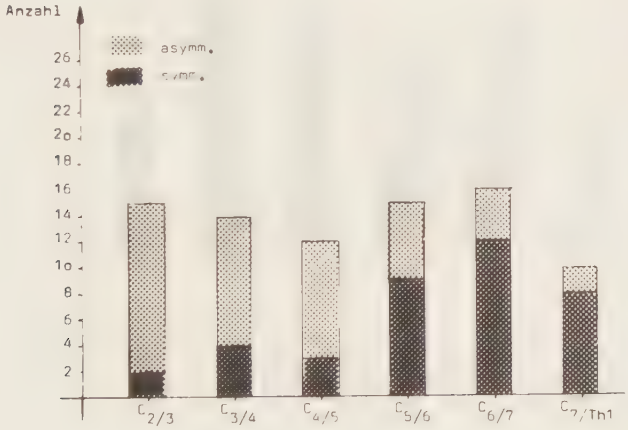

Abbildung 20. Segmentale Verteilung der Spondylarthrose, nach symmetrischer und asymmetrischer Lokalisation aufgelistet

Die Spondylose ist bei 42,5 Prozent aller Präparate festzustellen. Besonders sind die Segmente C 5/6 mit 57,5 und C 6/7 mit 65 Prozent betroffen. Die Veränderungen treten dabei meist symmetrisch auf. (Abb.21, Tab.14)

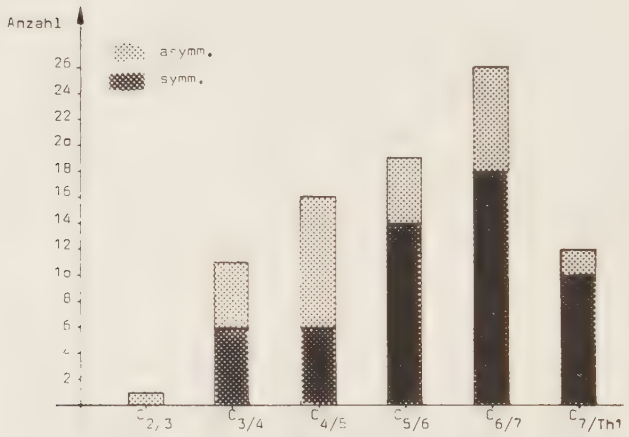

Abbildung 21: Segmentale Verteilung der Spondylose, nach symmetrischer und asymmetrischer Lokalisation aufgelistet

Die Osteochondrose ist im Vergleich zu den übrigen degenerativen Veränderungen zahlenmäßig mit 23 Prozent eindeutig in der Minderzahl. Die Osteochondrose ist bevorzugt in den kaudalen Segmenten zu finden. Im Segment C 5/6 kann bei 37 Prozent und bei C 6/7 an insgesamt 42 Prozent der Präparate Osteochondrose beobachtet werden. An allen Segmenten ist ein

mehr symmetrisches Befallsmuster festzustellen.
(Abb.22, Tab.15)

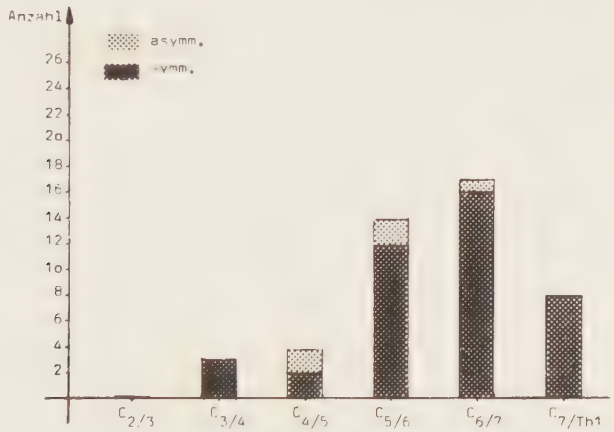

Abbildung 22: Segmentale Verteilung der Osteochondrose, nach symmetrischer und asymmetrischer Lokalisation aufgelistet

Bei den asymmetrisch auftretenden degenerativen Veränderungen konnte weder eine rechts- noch linksseitige Bevorzugung festgestellt werden.

SEGMENT	UNCOVER-TEBRAL - ARTHROSE			SPONDYL-ARTHROSE			SPON - DYLOSE			OSTEO - CHONDROSE		
	symmetr.	asymmetr.	Gesamt	symmetr.	asymmetr.	Gesamt	symmetr.	asymmetr.	Gesamt	symmetr.	asymmetr.	Gesamt
$C_{2/3}$	o	7	7	2	13	15	o	1	1	o	o	o
$C_{3/4}$	2	14	16	4	1o	14	6	5	11	3	o	3
$C_{4/5}$	6	1o	16	3	9	12	6	1o	16	2	2	4
$C_{5/6}$	18	6	24	9	6	15	14	5	19	12	2	14
$C_{6/7}$	16	4	2o	12	4	16	18	8	26	16	1	17
$C_{7/Th1}$	8	1	9	8	2	1o	1o	2	12	8	o	8
GESAMT	5o	42	92	38	44	82	54	31	85	41	5	46

Tabelle 15 : Segmentale Verteilung der degenerativen Veränderungen, getrennt nach symmetrischer bzw. asymmetrischer Lokalisation aufgelistet

3.3.2. Beziehungen zwischen

Osteochondrose, Spondylose, Uncovertebralarthrose, Spondylarthrose

Die segmentale Verteilung degenerativer Veränderungen läßt zunächst keine eindeutigen Abhängigkeiten erkennen. Die Gesetzmäßigkeiten des gemeinsamen Auftretens sind allerdings mit statistischen Untersuchungen herauszufinden. Die Untersuchungen wurden, bedingt durch das vermehrte Auftreten asymmetrischer degenerativer Veränderungen, seitengetrennt durchgeführt.

Osteochondrose - Spondylose

Die Osteochondrose und Spondylose sind von kranial nach kaudal zunehmend gemeinsam anzutreffen, insbesondere am Segment C 5/6 und C 6/7. (Tab.16)
Festzustellen ist weiterhin, daß die Zahl der spondylotischen Veränderungen ohne gleichzeitige Osteochondrose eindeutig größer ist, als das Auftreten von Osteochondrose ohne Spondylose.

Osteochondrose - Uncovertebralarthrose

Die Uncovertebralarthrosen zeigen erwartungsgemäß signifikante Beziehungen mit osteochondrotischen Veränderungen, besonders deutlich ist dies an den kaudalen

Osteochondrose - Spondylose

OSTEOCHONDROSE \ SPONDYLOSE	ja	nein
ja		
nein		

Schema zur Erläuterung der Kreuztabellen

Segment	links		rechts	
$C_{2/3}$	0 | 0 1 | 37	E^{o42}	0 | 0 1 | 38	E^{o38}
$C_{3/4}$	1 | 1 4 | 33	KORR.CHI^2= o,279 P = o,59	0 | 1 6 | 32	KORR.CHI^2= o,o P = 1,o
$C_{4/5}$	1 | 1 7 | 29	KORR.CHI^2= o,o19 P = o,88	2 | 0 6 | 30	KORR.CHI^2= 3,696 P = o,o54
$C_{5/6}$	4 | 2 7 | 25	KORR.CHI^2= 2,991 P = o,o83	3 | 5 5 | 25	KORR.CHI^2= o,633 P = o,42
$C_{6/7}$	6 | 3 8 | 22	KORR.CHI^2= 3,232 P = o,o72	5 | 3 7 | 24	KORR.CHI^2= 3,o67 P = o,o79
$C_{7/Th1}$	2 | 2 3 | 31	KORR.CHI^2= 2,318 P = o,127	2 | 2 5 | 30	KORR.CHI^2= 3,1o9 P = o,282

Tabelle 16: Beziehungen zwischen Osteochondrose und Spondylose seitengetrennt dargestellt

Osteochondrose [illegible] Uncovertebral[illegible]

[illegible]-THROSE

[illegible] — Schema zur Erläuterung der Kreuztabellen

	[illegible]		rechts	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible] | [illegible] / [illegible] | 35	CHI² = [illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	1 | 0 / [illegible] | 30	KORR.CHI² = 0,419 P = 0,517
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible] | [illegible] / 6 | 26	KORR.CHI² = 11,[illegible] P = 0,[illegible] ⊕	8 | 0 / 4 | 26	KORR.CHI² = 18,127 P = 0,000002 ⊕
[illegible]	9 | 0 / 2 | 28	KORR.CHI² = [illegible] P = 0,0 ⊕	8 | 0 / 1 | 30	KORR.CHI² = 28,31[illegible] P = 0,0 ⊕
$C_{7/Th1}$	3 | 1 / 3 | 31	KORR.CHI² = 7,336 P = 0,0006 ⊕	2 | 2 / 1 | 33	KORR.CHI² = 5,388 P = 0,020 ⊕

Tabelle 17: Die Beziehungen zwischen Osteochondrose und Uncovertebralarthrose seitengetrennt dargestellt

⊕ statistisch signifikant

Abschnitten, in den Segmenten C 5/6 bis C 7/Th 1, zu sehen. (Tab.17)
Bei vorhandener Osteochondrose sind auch die zugehörigen Uncovertebralfortsätze degenerativ verändert. Andererseits sind gerade in den kranialen Abschnitten Uncovertebralarthrosen ohne Osteochondrosen nicht selten vorhanden.

Spondylose - Spondylarthrose

Bei dem vorliegenden Sektionsmaterial läßt sich anhand der Kreuztabellen keine regelmäßige Beziehung zwischen Spondylose und Spondylarthrose herstellen. (Tab.18)
Gemeinsames Auftreten dieser beiden Veränderungen ist lediglich in den Segmenten C 4/5 und C 5/6 zu finden. Im letzteren sind diese Beziehungen besonders eng.

Spondylarthrose - Osteochondrose

Auch zwischen osteochondrotischen Veränderungen und Spondylarthrose ist kein gemeinsames Auftreten festzustellen. (Tab.19)
Gerade in den kranialen Abschnitten ist die spondylarthrotische Veränderung der kleinen Wirbelbogengelenke nur selten mit hochgradigeren Bandscheibendegenerationen vergesellschaftet. Teilweise ergeben sich allerdings in den Segmenten C_4 bis C_7 engere Beziehungen zwischen diesen beiden Veränderungen.

Spondylose - Spondylarthrose

		SPONDYLOSE ja	SPONDYLOSE nein
SPONDYLARTHROSE	ja		
	nein		

Schema zur Erläuterung der Kreuztabellen

Segment	links: ja/ja	links: ja/nein	links: nein/ja	links: nein/nein	links: KORR.CHI² / P	rechts: ja/ja	rechts: ja/nein	rechts: nein/ja	rechts: nein/nein	rechts: KORR.CHI² / P
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0	[illegible]	0	32	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
[illegible]	2	[illegible]	6	[illegible]	[illegible]	4	3	4	[illegible]	[illegible]
$C_{5/6}$	3	2	8	25	KORR.CHI² = 1,24o; P = o,265	3	6	5	24	KORR.CHI² = [illegible],3; P = [illegible],5[illegible]
$C_{6/7}$	5	2	9	23	KORR.CHI² = 2,987; P = o,o83	6	3	6	24	KORR.CHI² = 5,05[illegible]; P = [illegible]
$C_{7/Th1}$	2	5	2	30	KORR.CHI² = 1,156; P = o,282	2	3	4	30	KORR.CHI² = [illegible]; P = [illegible]

Tabelle 18: [illegible]

Spondylarthrose - Osteochondrose

SPONDYL-ARTHROSE	OSTEOCHONDROSE ja	OSTEOCHONDROSE nein
ja		
nein		

Schema zur Erläuterung der Kreuztabellen

Segment	links		rechts	
$C_{2/3}$	0 | 9 0 | 29	CHI^2= o,38	0 | 6 0 | 32	CHI^2= o,38
$C_{3/4}$	1 | 8 1 | 29	KORR.CHI^2= 4,3918^{-3} P = o,947	1 | 4 0 | 34	KORR.CHI^2= 1,269 P = o,259
$C_{4/5}$	1 | 4 1 | 32	KORR.CHI^2= o,259 P = o,61o	2 | 5 0 | 31	KORR.CHI^2= 4,497 P = o,o33 ⊕
$C_{5/6}$	2 | 3 4 | 29	KORR.CHI^2= o,874 P = o,349	4 | 5 3 | 26	KORR.CHI^2= 3,287 P = o,o69
$C_{6/7}$	4 | 3 5 | 27	KORR.CHI^2= 3,483 P = o,o61	4 | 5 4 | 26	KORR.CHI^2= 2,423 P = o,119
$C_{7/Th1}$	2 | 5 2 | 30	KORR.CHI^2= 1,156 P = o,282	1 | 2 3 | 33	KORR.CHI^2= o,145 P = o,7o3

Tabelle 19: Beziehungen zwischen Spomdylarthrose und Osteochondrose seitengetrennt dargestellt

⊕ statistisch signifikant

S p o n d y l o s e - S p o n d y l a r t h r o s e

SPONDYL-ARTHROSE	SPONDYLOSE	

Schema zur Erläuterung der Kreuztabellen

		rechts
		KORR.CHI
		KORR.CHI
$C_{5/6}$	3 | 2 8 | 25 KORR.CHI^2= 1,240 P = 0,265	3 | 6 5 | 24 KORR.CHI^2= 1,32 P = 1,5
$C_{6/7}$	5 | 2 9 | 23 KORR.CHI^2= 2,987 P = 0,083	6 | 3 6 | 24 KORR.CHI^2= 5,05 P = 3,02
$C_{7/Th1}$	2 | 5 2 | 30 KORR.CHI^2= 1,156 P = 0,282	2 | 3 4 | 30 KORR.CHI^2= 0, P = 1,

Tabelle 18: Beziehungen zwischen Spondylose und Spondy

Spondylarthrose - Osteochondrose

SPONDYL-ARTHROSE	OSTEOCHONDROSE ja	OSTEOCHONDROSE nein
ja		
nein		

Schema zur Erläuterung der Kreuztabellen

Segment	links		rechts	
$C_{2/3}$	0 | 9 0 | 29	CHI^2= 0,38	0 | 6 0 | 32	CHI^2= 0,38
$C_{3/4}$	1 | 8 1 | 29	KORR.CHI^2= 4,3918^{-3} P = 0,947	1 | 4 0 | 34	KORR.CHI^2= 1,269 P = 0,259
$C_{4/5}$	1 | 4 1 | 32	KORR.CHI^2= 0,259 P = 0,610	2 | 5 0 | 31	KORR.CHI^2= 4,497 P = 0,033 ⊕
$C_{5/6}$	2 | 3 4 | 29	KORR.CHI^2= 0,874 P = 0,349	4 | 5 3 | 26	KORR.CHI^2= 3,287 P = 0,069
$C_{6/7}$	4 | 3 5 | 27	KORR.CHI^2= 3,483 P = 0,061	4 | 5 4 | 26	KORR.CHI^2= 2,423 P = 0,119
$C_{7/Th1}$	2 | 5 2 | 30	KORR.CHI^2= 1,156 P = 0,282	1 | 2 3 | 33	KORR.CHI^2= 0,145 P = 0,703

Tabelle 19: Beziehungen zwischen Spondylarthrose und Osteochondrose seitengetrennt dargestellt

⊕ statistisch signifikant

Uncovertebralarthrose - Spondylarthrose

Zwischen Uncovertebral- und Spondylarthrosen lassen sich statistisch signifikante Beziehungen herstellen. (Tab.20)
Besonders enge Korrelationen ergeben sich wiederum für die Segmente C 5/6 und C 6/7. Aber auch in den Bewegungsabschnitten C 2/3 und C 3/4 sind die Beziehungen noch auf dem 10 Prozent Niveau auffällig.

Trotz des bevorzugt gemeinsamen Auftretens der uncovertebral- und spondylarthrotischen Veränderungen konnte bei seitengetrennter Überprüfung der ipsi- und kontralateralen Lokalisationen kein einheitliches Verhalten festgestellt werden.

Uncovertebralarthrose - Spondylarthrose

		SPONDYLARTHROSE ja	SPONDYLARTHROSE nein
UNCOVERTEBRALARTHROSE	ja		
	nein		

Schema zur Erläuterung der Kreuztabellen

Segment	links		rechts	
$C_{2/3}$	3 | 1 6 | 28	KORR.CHI^2= 3,726 P = o,o53	2 | 1 4 | 31	KORR.CHI^2= 3,718 P = o,o53
$C_{3/4}$	4 | 3 4 | 28	KORR.CHI^2= 4,549 P = o,o32 ⊕	4 | 5 1 | 29	KORR.CHI^2= 7,113 P = o,oo7 ⊕
$C_{4/5}$	3 | 5 2 | 28	KORR.CHI^2= 2,9o2 P = o,o88	4 | 4 3 | 27	KORR.CHI^2= 4,326 P = o,o37 ⊕
$C_{5/6}$	4 | 8 1 | 25	KORR.CHI^2= 3,933 P = o,o47 ⊕	6 | 6 3 | 23	KORR.CHI^2= 4,76o P = o,o29 ⊕
$C_{6/7}$	5 | 6 2 | 26	KORR.CHI^2= 5,484 P = o,o19 ⊕	5 | 4 4 | 26	KORR.CHI^2= 4,777 P = o,o28 ⊕
$C_{7/Th1}$	3 | 2 3 | 31	KORR.CHI^2= 5,279 P = o,o21 ⊕	2 | 2 2 | 33	KORR.CHI^2= 3,594 P = o,o57

Tabelle 20: Beziehungen zwischen Uncovertebralarthrosen und Spondylarthrosen seitengetrennt dargestellt

⊕ statistisch signifikant

3.4. DISKUSSION

Beim Vergleich der in der Literatur anzutreffenden und den hier vorliegenden Untersuchungsergebnissen ist festzustellen, daß bisher nur wenige Untersuchungen an Mazerationspräparaten vorgenommen wurden. Meist stützen sich die Ergebnisse auf Röntgenbildauswertungen, bei denen projektionsbedingte Verzerrungen nicht auszuschließen sind, und ein Vergrößerungseffekt von ca.15% im Vergleich zu direkten Vermessungen zu berücksichtigen ist.
Weiterhin ist ein direkter quantitativer Vergleich der verschiedenen Ergebnisse oft nicht möglich, da teilweise keine genauen Definitionen der Meßstrecken vorliegen.

Bei Untersuchungen am anatomischen Material, also einem körperlichen Gebilde ohne glatte Begrenzungsflächen, besteht das Problem der genauen reproduzierbaren Messung. Die in der vorliegenden Arbeit definierten Strecken wurden mit einfachen Hilfsmitteln in Millimetern gemessen. Eine kleinere Maßeinheit würde eine Meßgenauigkeit wiedergeben, die den Hilfsmitteln und den Meßstrecken nicht entspräche.

Im Hinblick auf altersbedingte Formveränderungen ist im Vergleich zu anderen Untersuchungen daran zu denken, daß die verwendeten Halswirbelsäulenpräparate mit einem Altersdurchschnitt von 46 Jahren ein vergleichsweises junges Kollektiv darstellen. Die dritte Altersgruppe, in der deutliche Veränderungen in größerem Umfang zu finden sind, ist im Vergleich zu den ersten beiden unterbesetzt. So sind altersbedingte Veränderungen nur descriptiv zu verwenden und deren prozentuales Vorkommen kaum mit anderen Untersuchungen zu vergleichen.

Der Vergleich zwischen den im allgemeinen Teil erwähnten und den eigenen Ergebnissen erbringt folgende Übereinstimmungen, Abweichungen bzw. Ergänzungen.

Die gefundenen Wirbelkörper - Meßwerte spiegeln die in der Literatur beschriebene "Pyramidenform" der Wirbelkörper wieder (BARDELEBEN 1896; EXNER 1954; DREXLER 1962). Allerdings konnten die von DREXLER (1962) und DECKING und TER STEEGE (1975) beschriebenen breiteren Boden- als Deckplattenbreiten nicht gefunden werden, da die verwendete Definition für die mittlere Deckplattenbreite die Processus uncinati mit einbezog.

Aufgrund der frontalen Konkavität der Deckplatte und der sagittalen der Bodenplatte konnte eine im Vergleich zu den Wirbelkörperkanten geringere mittlere Höhe registriert werden. Die von DREXLER (1962) durchgeführten Untersuchungen an Mazerationspräparaten konnten in Hinsicht auf die im Vergleich zu den übrigen Wirbelkörpern höheren Wirbel C_3 und C_7 und die niedrigeren Wirbel C_5 und C_6 (HOLITSCH 1930) bestätigt werden. Die Untersuchungen ergaben weiterhin eine größere dorsale als ventrale Höhe, entsprechend den Ergebnissen von FICK (1904) und DECKING und TER STEEGE (1975).

Die von EXNER (1954) und DREXLER (1962) festgestellte kontinuierliche Breitenzunahme von C_3 nach C_7 kann für sämtliche Breiten der Deck- und Bodenplatte bestätigt werden. Dies kann eine nach kaudal stetig zunehmende statische Belastung wiederspiegeln.

Die von EXNER (1954), DREXLER (1962), FRIED (1966), PSCHIRRER (1968) und ERDMANN (1972) beobachtete altersbedingte Höhenminderung besonders an C_5 konnte in den vorliegenden Untersuchungen nicht festgestellt werden. Allerdings ergaben sich altersbedingte Vergrößerungen der Breiten- und Tiefenmaße, die auf bereits frühzeitig einsetzende ossäre Anbauvorgänge hindeuten.

Da die Streubreite der Wirbelkörpermaße nur gering war, waren keine statistisch relevanten Beziehungen aufzustellen, die zur Erklärung des Lokalisationsmusters degenerativer Veränderungen hätten beitragen können.

Eine kontinuierliche Längenzunahme der Processus uncinati wie EXNER (1954) sie fand, kann nicht in vollem Umfang bestätigt werden. So wiesen nicht C_3 sondern C_4 und C_5 die längsten Hakenfortsätze auf.
Die von TULSI (1975) gemessenen größten und niedrigsten Höhen der Uncovertebralfortsätze konnten in den entsprechenden Segmenten ebenfalls gefunden werden.

Die altersbedingten Veränderungen an den Processüs uncinati in Form von Längenzunahme, dorsaler Höhenabnahme und Abstandsvergrößerung sind besonders am Segment C_4 bis C_6 zu finden. Diese Formveränderungen, wie sie von BÄRTSCHI-ROCHAIX (1949) beschrieben und im Bild verdeutlicht wurden, können also in vollem Maße bestätigt werden.

Das sagittale Krümmungsverhalten der Processus uncinati, das nach COMPERE und Mitarb. (1958/59) und PENNING (1968) Gleitschienenfunktion für die Sagittalbewegung übernimmt, konnte mit Hilfe des horizontalen Abstandes der Uncovertebralgelenke festgestellt werden. Die Frage besteht, ob bzw. inwieweit den herausgefundenen segmentalen Veränderungen der Verlaufsrichtung funktionelle Bedeutung zukommt.

Aufgrund der segmental unterschiedlichen Höhen der Interarticularportionen sind Rückschlüsse hinsichtlich einer unterschiedlichen Neigung der Gelenkflächen möglich. Inwieweit dies wirklich zutrifft und inwieweit sich daraus eine unterschiedliche Mechanik bzw. bevorzugte Bewegungsrichtung der einzelnen Bewegungssegmente ergibt, kann in dieser Arbeit nicht beantwortet werden.
Weiterhin erscheint es interessant herauszufinden, ob Abhängigkeiten bestehen zwischen bestimmten Fehlstellungen einzelner Gelenke, gestörten Funktionen und Aufbrauchserscheinungen innerhalb des betreffenden Bewegungssegmentes.

Da die Gelenkfazettengrößen in kranio - kaudaler Richtung nur geringgradig zunehmen, ist daraus auf eine nur gering zunehmende statische Belastung zu schließen. Ebenso wie

In Untersuchungen von FICK (1904) wurden ungefähr gleich große obere und untere Gelenkflächen gefunden. Mit Hilfe der Messungen der Gelenkflächen mit und ohne Spondylarthrose konnten die genannten segmental unterschiedlichen Appositionen festgestellt werden, die spezifische funktionelle Belastungen erkennen lassen. Die von AUFDERMAUR (1960) gefundenen Appositionen an den äußeren Randpartien der Gelenkflächen konnten speziell für den kaudalen Teil der unteren Halswirbelsäule bestätigt werden.

Es stellt sich die Frage, welche funktionellen Belastungen auf die Gelenkflächen wirken,und ob die unterschiedlichen Gelenkflächenformen Einfluß auf die Bewegungsmuster der Halswirbelsäule haben. Aus den mitgeteilten Ergebnissen läßt sich schließen, daß in den kranialen Abschnitten die Bewegung in allen drei Ebenen die eher kreisförmige Vergrößerung der Fazetten verursacht; entsprechend LYSELL's (1969) Bewegungsstudien, die kranial eine vermehrte Rotationsbewegung annehmen. Kaudal dagegen besteht neben der Sagittalbewegung eine bevorzugte seitliche Verschiebemöglichkeit, die seitliche Appositionen verursacht. Dieses Bewegungsmuster entspricht den von DITTMAR (1931) und BUETTI - BÄUML (1954) gemachten Bewegungsstudien.

Die Messungen an den Foramina transversaria bestätigen die von TULSI (1975) sowie TAITZ und Mitarb. (1978) gemachten Feststellungen über geringgradig größere linke Foramina. Für das Foramen des Wirbels C_3 wurde allerdings nicht der vergleichsweise geringste Durchmesser (TULSI 1975), sondern der größte Wert registriert. Bedingt durch den alleinigen Verlauf der Vene durch das Foramen transversarium des Wirbels C_7 wurden hier die kleinsten Durchmesser gefunden. Dabei ist allerdings zu bedenken - wie schon unter 3.2.10. erwähnt - , daß gerade am siebten Wirbel oft zwei bzw. gar kein Foramen anzutreffen sind, dies aber wurde bei der Mittelwert - Bestimmung nicht berücksichtigt.

Die von DUUS (1948) gemachte Feststellung der Einengung des Zwischenwirbelkanals und des Foramen transversarium – bedingt durch Lateralverlagerung des Uncovertebralgelenkes – kann nur insofern bestätigt werden, als daß die Mittelwerte in der dritten Altersgruppe kleiner sind als in den übrigen; dies konnte allerdings keine statistische Signifikanz erbringen.

Die von EXNER (1954) gemessenen größeren transversalen Durchmesser der Foramina vertebralia von C_5 und C_6 wurden auch bei den eigenen Messungen gefunden. Allerdings liegen die eigenen Meßwerte mit durchschnittlich 25 mm wesentlich niedriger als die von ELSBERG und DYKE (1934) gemessenen. Die von den Autoren PAYNE und SPILLANE (1954), WHOLEY und Mitarb. (1958) und BURROW (1963) gefundenen größeren sagittalen Durchmesser des dritten Wirbels konnten auch festgestellt werden. Ebenso eine altersbedingte Abnahme des sagittalen Durchmessers, entsprechend den Ergebnissen von MURONE (1974).

Bei der Untersuchung der degenerativen Veränderungen an den zur Verfügung stehenden Präparaten wurde besonders auf symmetrisch und asymmetrisch auftretende Veränderungen eingegangen, um so möglicherweise mechanische Überbelastungen bestimmter Regionen aufgrund funktioneller Störungen zu erkennen. Allerdings kann die Klärung der funktionellen Ursachen in der vorliegenden Untersuchung nicht gegeben, sondern nur Vermutungen aufgestellt werden.

Die Uncovertebralgelenke sind nach den eigenen Untersuchungen prozentual gesehen häufiger degenerativ verändert als die übrigen Wirbelkörperanteile entsprechend den Ergebnissen von KROGDAHL und TORGERSEN (1940) und LINDEMANN und KUHLENDAHL (1953). Auch kann die Fest-

stellung von GIRAUDI (1931), KROGDAHL und TORGERSEN (1940) und AUFDERMAUR (1960) bestätigt werden, daß die kaudalen Segmente, also C_4 bis C_6, stärker betroffen sind als die kranialen.

Für diese hauptsächlich in dem kaudalen Anteil anzutreffenden Verschleißerscheinungen werden sowohl statische (EXNER 1954) wie auch funktionsmechanische Überbelastungen verantwortlich gemacht (AUFDERMAUR 1960; HIRSCH und Mitarb. 1967). Am Bewegungssegment C 5/6, das zentral von der Schwerelinie getroffen wird (EXNER 1954),geraten die seitlichen Knochenkämme aufgrund der starken statischen Belastung und der damit bedingten chondrotischen Höhenminderung der Zwischenwirbelscheiben besonders frühzeitig in Kontakt. So kommt es zu den im Abschnitt 2.3.3. beschriebenen Umbauvorgängen.

FENLIN (1971), der auch an den kranialen Halswirbelsäulenabschnitten ein vermehrtes Auftreten uncovertebraler Veränderungen beobachtete, kann nicht in vollem Maße bestätigt werden, da in diesem Abschnitt im Vergleich zu dem kaudalen weniger Veränderungen auftraten. Allerdings ist zu bedenken, daß gerade im kranialen Anteil ein verstärktes asymmetrisches Auftreten zu finden war.

Auch in bezug auf die Spondylosis deformans und Osteochondrose besonders betroffener Segmente C 5/6 und C 6/7 entsprechen die eigenen Untersuchungen denen von KROGDAHL und TORGERSEN (1940), LIECHTI (1948), TEPE (1956), EXNER (1954) und NATHAN (1962).

Wie bei HADLEY (1957), ECKLIN (1960) und FENLIN (1971) wurden an C_3 und C_4 hochgradigere Spondylarthrosen angetroffen. Auch fanden sich entsprechend den Untersuchungen von LANGE (1934) oft nur einseitige Veränderungen an den Wirbelbogengelenken.

Das bevorzugt asymmetrische Auftreten von degenerativen Veränderungen gerade der Uncovertebral- und der Wirbelbogengelenke im kranialen Teil der unteren Halswirbelsäule spricht gegen Theorien über deren Entstehung unter vorwiegend statischen Bedingungen (EXNER 1954), wie es wahrscheinlich für die bevorzugt symmetrisch befallenen kaudalen Segmente zutrifft. Im Rahmen der morphologischen Untersuchungen konnte jedenfalls keine statische Ursache ausfindig gemacht werden, die mit derartiger Regelmäßigkeit zu einem einseitigen Befall gerade der kranialen Cervicalabschnitte hätte führen können. Aufgrund der Bewegungsstudien von LYSELL (1969) ist davon auszugehen, daß der Rotationsbewegung, die in dem kranialen Anteil stärker auftritt, eine zentrale Bedeutung in der Entstehung von asymmetrischen Intervertebral- und Uncovertebral - Veränderungen zukommt.

In dem kaudalen Teil der unteren Halswirbelsäule wurden Verbrauchserscheinungen bevorzugt symmetrisch festgestellt, besonders im ventralen Anteil des Segmentes C 5/6 befanden sich die degenerativen Veränderungen nicht nur am häufigsten, sondern auch in stärkster, bevorzugt symmetrischer Ausprägung. Dieses Segment C 5/6 liegt im Scheitelpunkt der Lordose, weist den größten sagittalen Bewegungsumfang auf und wird zudem noch zentral von der Körperbelastungsachse getroffen (EXNER 1954); daraus ist die Bedeutung eines biomechanischen Zentrums für die untere Halswirbelsäule abzulesen. Die Frage, ob dieser gehäuft symmetrische Verschleiß durch primär statische oder funktionelle Mechanismen bedingt ist, konnte mit Hilfe der morphologischen Untersuchungen nicht geklärt werden.

Der Vergleich zwischen den im allgemeinen und speziellen Teil in Beziehung gesetzten degenerativen Veränderungen ergibt große Übereinstimmungen.

So bestätigen die gefundenen Ergebnisse in bezug auf gemeinsames Auftreten von Uncovertebralarthrose und Osteochondrose in vollem Umfang die im Abschnitt 2.4. erwähnten Untersuchungen von KROGDAHL und TORGERSEN (1940), EXNER (1954), AUFDERMAUR (1960), ECKLIN (1960), HIRSCH und Mitarb. (1967) und FENLIN (1971). Erklärlich ist das gemeinsame Auftreten dieser beiden Veränderungen durch das schon oben erwähnte frühzeitige Inkontakttreten der Processus uncinati bei chondrotischen Veränderungen der Zwischenwirbelscheiben.

Die in Beziehung gesetzten Spondylosen und Osteochondrosen ergaben ein häufigeres gemeinsames Auftreten im kaudalen Halswirbelsäulenanteil. Entsprechend SCHMORL und JUNGHANNS (1932), KUHLENDAHL und KUNERT (1956) und FARFAN und Mitarb. (1972) wurde das Auftreten der Spondylose ohne Osteochondrose in größerem Maße angetroffen, als das umgekehrte Verhältnis; die Spondylose geht der Osteochondrose also voraus.

Es stellte sich nun die Frage, ob und welche Beziehungen zwischen degenerativen Veränderungen der ventralen Wirbelanteile mit den Spondylarthrosen der Wirbelbögen bestehen. Besonders interessant erschien diese Frage, da an den Halswirbelsäulen mit skoliotischer Seitausbiegung Wechselbeziehungen zwischen Uncovertebralarthrose und gleichseitiger Spondylarthrose zu erkennen waren. Bekannt ist, daß bei Skoliose konkavseitige Formveränderungen verstärkt auftreten. Die Wirbelsäule versucht in Form von reaktiven Flächenvergrößerungen die konkavseitig zunehmenden Druckkräfte zu reduzieren.

So konnten an verschiedenen Halswirbelsäulen von kranial bis zum Segment C 5/6 folgende einseitige Veränderungen festgestellt werden: uncovertebrale Arthrosen, geringgradige Spondylose und grobe deformierende Veränderungen an den Wirbelbogengelenken, die die ausschließlichen Unterstützungspunkte der betreffenden Bewegungssegmente zu sein schienen. Im Segment C 5/6 traten dagegen die Uncovertebral-, Spondylarthrosen verstärkt gleichseitig auf, verbunden mit Osteochondrose. Bedingt durch die osteochondrotische Höhenminderung kommt es zu einer Streckstellung dieses Segmentes. Gleichzeitig wird die Tragfunktion vermehrt auf die Uncovertebralfortsätze übertragen, somit werden aber auch die Wirbelbogengelenke entlastet, die kaudal von C 5/6 keinerlei osteophytäre Randreaktionen aufwiesen.

Ebenso wie von AUFDERMAUR (1960) wurde auch in den eigenen Untersuchungen die Spondylosis deformans und die Spondylarthrose in fast gleichem Prozentsatz in Bezug auf das Gesamtvorkommen angetroffen, die segmentale Verteilung allerdings war unterschiedlich. Die Autoren, die keinen Parallelismus im Schweregrad des gemeinsamen Auftretens dieser beiden degenerativen Veränderungen sehen, können aufgrund der nicht gefundenen Korrelation bestätigt werden.

Die in den kranialen Abschnitten häufig vorliegenden Fazettenveränderungen ohne jegliche osteochondrotische Anzeichen entspricht der Aussage von SCHMORL und JUNGHANNS (1932), die die Osteochondrose als Folge der Spondylarthrose sehen. Das heißt, daß es durch mechanische Störungen der Bewegungssegmente zu arthrotischen Veränderungen der Wirbelbogengelenke kommt, dies wiederum führt zur Bandscheibenschädigung. Die in den Segmenten C_4 bis C_7 teilweise zu findende engere Beziehung zwischen

Osteochondrose und Spondylarthrose läßt sich mit einer weiteren Entstehungsmöglichkeit der Gelenkveränderung erklären. Bedingt durch die Zugehörigkeit der Wirbelbogengelenke zum Bewegungssegment kommt es an diesen zu Veränderungen durch osteochondrotische Höhenminderung. (JUNGHANNS 1932; HADLEY 1957).

Über die Beziehungen zwischen Uncovertebral- und Spondylarthrose lassen sich in der Literatur keinerlei Angaben finden. Durch die statistische Überprüfung der Beziehungen zwischen den oben genannten Arthrosen mit Kreuztabellen, zeigte sich, daß besonders enge Korrelationen zwischen diesen beiden Veränderungen bestehen. Aufgrund des häufig gemeinsamen asymmetrischen Auftretens dieser beiden altersbedingten Erscheinungen kann man auf eine enge, wahrscheinlich funktionelle Beziehung schließen.

Pathologische Bewegungsmuster, die sowohl an Wirbelbogengelenken als auch am Wirbelkörper seitendifferente Beanspruchungen zur Folge haben, können möglicherweise auf asymmetrisch orientierte Gelenkflächen zurückzuführen sein. An der Lendenwirbelsäule konnten enge Beziehungen zwischen segmentalen Fazettenasymmetrien und asymmetrisch lokalisierten degenerativen Veränderungen des gleichen Bewegungsabschnittes festgestellt werden (NIETHARD 1978). An der Halswirbelsäule scheinen besonders enge funktionelle Beziehungen zwischen den Wirbelbogen- und Uncovertebralgelenken der gleichen Seite zu bestehen. Die Frage bleibt offen, inwieweit Fazettenasymmetrien Einfluß auf Veränderungen an den Wirbelbogengelenken und am Wirbelkörper haben.

Insgesamt wäre die Feststellung der Abhängigkeiten zwischen degenerativen, oft nur einseitig auftretenden Veränderungen und der Funktion und Statik Aufgabe einer weiterführenden Arbeit.

4. ZUSAMMENFASSUNG

An den Halswirbeln C_3 bis C_7 von 40 mazerierten Halswirbelsäulen wurden die morphologischen Untersuchungen durchgeführt. Der spezielle Teil der Arbeit bestand, nach Festlegung der zu messenden Strecken, im detaillierten Ausmessen jedes einzelnen Wirbels, seiner Gelenke und im Erfassen von degenerativen Veränderungen. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die segmentale symmetrische bzw. asymmetrische Lokalisation von Formveränderungen gelegt. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Computer.

Als wichtigste Befunde können herausgestellt werden:

- Die gefundenen Werte der Wirbelkörpermaße konnten größtenteils die im allgemeinen Teil aufgeführten Angaben der Literatur bestätigen und ergänzen.
- Im Hinblick auf die Größe der Gelenkfazetten sowohl mit als auch ohne spondylarthrotische Appositionen konnten für die kranialen Segmente eine kreisähnliche und für die kaudalen eine mehr querovale Form gefunden werden.
- Hinsichtlich der degenerativen Veränderungen wurde die Spondylose und Osteochondrose meist symmetrisch angetroffen, wohingegen die Uncovertebral- und Spondylarthrose im Segment C_3 bis C_5 bevorzugt einseitig auftraten.
- Die einzelnen degenerativen Veränderungen wurden miteinander in Beziehung gesetzt, und es ergaben sich zwischen Osteochondrose - Spondylose, Osteochondrose - Uncovertebralarthrose hohe Korrelationen im gemeinsamen Auftreten.

- Besonders enge Korrelationen konnten zwischen Uncovertebral- und Spondylarthrosen aufgefunden werden. Diese beiden Veränderungen fielen im Besonderen durch häufiges gleichzeitiges einseitiges Vorkommen auf. Es ist davon auszugehen, daß zwischen diesen beiden Gelenken und ihren degenerativen Veränderungen besonders enge funktionelle Beziehungen bestehen.
- Demgegenüber waren die Spondylarthrose - Osteochondrose und Spondylarthrose - Spondylose meist nicht gemeinsam anzutreffen.

[illegible] LITERATURVERZEICHNIS

ALBERS, D.:

Eine Studie über die Funktion der Halswirbelsäule bei dorsaler und ventraler Flexion
Fortschr.Rö.str. 81 (1954) 606

AUFDERMAUR, M.:

Die Spondylosis cervicalis
Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd.17,
Hippokrates Verlag, Stuttgart (1960)

BAILEY, A.A.:

Changes with age in the spinal cord
Arch.Neurol. 7o (1953) 299

BAKKE, S.N.:

Röntgenologische Beobachtungen über die Bewegung der Wirbelsäule
Acta Radiologica (Suppl.) XIII, Stockholm (1931)

BALL, J.; MEIJERS, K.A.E.:

On cervical mobility
Ann.Rheum. 23 (1964) 429

BÄRTSCHI-ROCHAIX, W.:

Migraine cervical, das enzephale Syndrom nach Halswirbeltraumen
Huber, Bern (1949)

BARDELEBEN, K.:

Handbuch der Anatomie des Menschen
Fischer, Jena (1896)

BENEKE, R.:

Pathologisch - anatomische Grundanschauungen zur Lehre von chronischen Gelenkleiden
Fortschr.Rö.str. 33 (1925) 843

BENNINHOFF, A.; GOERTTLER, K.:

Lehrbuch der Anatomie des Menschen Bd.I Anatomie, Cytologie und Bewegungsapparat
13.Auflage, Urban und Schwarzenberg (1980)

BOIJSEN, E.:

The cervical spinal canal in intraspinal expansive process
Acta Radiol. Vol.42 (1954) 101

BOWDEN, R.E.M.:

The applied anatomy of the cervical spine and brachial plexus
Proc.Royal Soc.Med. 59 (1966) 1141

BOYLE, A.C.; DIMSDALE, H.:

Discussion on spondylosis
Proc.Royal Soc.Med. 47 (1954) 44

BRADFORT, F.K.; SPURLING, R.G.:

The intervertebral disc
Verlag Charles C.Thomas, Springfield (1947)

BROCHER, J.E.W.:

Die Wirbelsäule
in: Lehrbuch der Röntgendiagnostik, 6.Aufl.-Bd.III,
hrsg.v. Schinz, Baensch, Frommhold, Thieme, Stuttgart (1966)

BUETTI-BÄUML, C.:

Funktionelle Röntgendiagnostik der Halswirbelsäule
Thieme, Stuttgart (1954)

BURROWS, E.H.:

The sagittal diameter of the spinal canal in cervical spondylosis
Clinical Radiol. 14 (1963) 78

COCCHI, U.:

Spondylosis deformans und rheumatismus
Radiol.Clin. 19 (1950)

COLACHIS, S.C.; STROHM, B.R.:

Radiographic studies of cervical spine in normal subjects:
flexion and hyperextension
Arch.Phys.Med. 46 (1965) 753

COMPERE, E.L.; TACHDJIAN, M.D.; KERNAHAN, W.T.:

The Luschka joints - their anatomy, physiology and pathology
Orthopedics, 1 (1959) 159

COTTA, H.:

Orthopädie.
Thieme, Stuttgart (1978)

DAFFNER

zit. nach VIEPODT, H.

DECKING, D.; TER STEEGE, W.:

Röntgenologische Parameter der Halswirbelsäule im seitlichen Strahlengang
in: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd.64, Hippokrates, Stuttgart (1975)

DEMPSTER, W.T.:

The anthropometry of body action
Ann.New York Acad.Science (1957) 559

DESTUNIS, G.; SCHMIDT, E.:

Die neurologischen Symptome und Komplikationen der Osteochondrosis cervicalis
Med.Clin. 49 (1954) 102

DISSE, J.:

Die Wirbelsäule, in: Bardelebens Handbuch der Anatomie des Menschen, Bd.1 Skelettlehre
Fischer, Jena (1909)

DITTMAR, O.:

Die Vor- und Rückwärtsbeugung der normalen Wirbelsäule
Z.Orthop.Chir. 53 (1931) 245

DREXLER, L.:

Röntgenanatomische Untersuchungen über Form und Krümmung der Halswirbelsäule in den verschiedenen Lebensaltern
in: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd.23, Hippokrates, Stuttgart (1962)

DUUS, P.:

Die Einengung der Foramina intervertebralia infolge degenerativer Wirbelsäulenprozesse als Ursache von neuralgischen Schmerzzuständen im Bereich des Schulter- und Beckengürtels sowie der Extremitäten
Nervenarzt 19 (1948) 489

ECKLIN, U.:

Die Altersveränderungen der Halswirbelsäule
Springer, Berlin (1960)

FLOBERG, C.A.; DYKE, C.G.:

The diagnosis and localization of tumors of the spine cord by means of measurements made on the x-ray films of the vertebrae and the correlation of clinical x-ray findings
Bull.Neurol.Inst.New York 3 (1934) 359

ERDMANN, H.:

Möglichkeiten und Grenzen der Röntgen-Diagnostik der Wirbelsäul
in: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd.28,
Hippokrates, Stuttgart (1964)

ERDMANN, H.:

Die Höhenminderung einzelner Wirbelkörper in der unteren Halswirbelsäule
in: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd.55,
Hippokrates, Stuttgart (1972)

ERLACHER, P.R.:

Direkte Kontrastdarstellung des Nucleus pulposus, zugleich ein Beitrag zur Pathologie der Bandscheibe
Z.Orthop. 8o (195o) 4o

EXNER, G.:

Die Halswirbelsäule, Pathologie und Klinik
Thieme, Stuttgart (1954)

EXNER, G.:

Variationen und Fehlbildungen der Wirbelsäule
in: Handbuch der Orthopädie,Bd.II; hrsg.v. Hohmann, G.; Hackenbroch, M.; Lindemann, K.
Thieme, Stuttgart (1958)

FENLIN, J.M.:

Pathology of degenerative disease of the cervical spine
Orthop.Clin.North Am. 2 (1971) 371

FICK, R.:

Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke unter Berücksichtigung der bewegenden Muskeln
Bd.I, Jena (1904)

FIELDING, J.W.:

Normal and selected abnormal motion of the cervical spine from the second cervical vertebra to the seventh cervical vertebra based on cineroentgenography
J.Bone Joint Surg. 46A (1964) 1776

FIELDING, J.W.:

Cineroentgenography of the normal cervical spine
J.Bone Joint Surg. 39A (1957) 1280

FRIED, K.:

Die cervicale juvenile Osteochondrose
Röntgen.Fortschr. (1966)

FARFAN, H.F.; HUBERDEAU, P.M.; DUBOW:

Lumbar intervertebral disc degeneration
J.Bone Joint Surg. 54A (1972) 492

FRIEDENBERG,B.; EDEIKEN, J.; SPENCER, N.; TOLENTINO, S.C.:

Degenerative changes in the cervical spine
J.Bone Joint Surg. 41A (1959) 61

FRYKHOLM, R.:

Lower cervical vertebra and intervertebral disc
Surgical anatomy and pathology
Acta Chir.Scand. 101 (1951) 345

GANTENBERG,R.:

Die Bedeutung deformierender Prozesse der Wirbelsäule
Fortschr.Röntgenstr. (1930)

GIRAUDI,G.:

L'artrosi deformante unco-vertebrale
Radiol.Med. XVIII (1931) 1457

GÜNTZ, E.:

Die Erkrankungen der Zwischenwirbelgelenke
Arch.Orthop.Chir. 34 (1934) 333

GÜNTZ, E.:

Über die Zwischenwirbelgelenke
Verh.Dtsch.orthop.Ges.Kongr. 28 (1933)

HADLEY, L.A.:

Roentgenographic studies of cervical spine
Am.J.Roentg. 52 (1944) 173

HADLEY, L.A.:

The covertebral articulations and cervical foramen encroachment
J.Bone Joint Surg. 39A (1957) 91o

HALLIDAY, D.R.; SULLIVAN, C.R.; HOLLINSHEAD, W.H.; BAHN, R.L.:

Torn cervical ligaments: necropsy examination of normal cervical region
Journal Trauma 4 (1964) 219

HILDEBRAND, A.:

Über Osteochondrosis im Bereich der Wirbelsäule
Fortschr.Rö.str. 47 (1933) 551

HINZ, P.; ERDMANN, H.:

Zur manuellen Untersuchung der Halswirbelsäule in der Gutachterpraxis
Z.Orthop. 1o4 (1967) 28

HIRSCH, C.; SCHAJOWICZ, F.; GALANTE, J.:

Structural changes in the cervical spine, a study an autopsy specimens in different age groups
Suppl.109, Acta Orthop.Scand. (1967)

HOLDSWORTH, F.W.:

Fractures, dislocations and fracture dislocations of the spine
J.Bone Joint Surg. 45B (1963) 6

HOLITSCH, R.:

Typische Anomalien am 5C. und 4.Lendenwirbelkörper
Fortschr.Rö.str. 42 Kongreßh. (193o)

JACKSON, R.:

The cervical syndrome
Thomas, Springfield (1965)

JIROUT, J.:

Studien der Dynamik der Halswirbelsäule in der frontalen und horizontalen Ebene
Fortschr.Rö.str.1o6 (1967) 236

JOHNSON, R.M.; CRELIN, E.S.; WHITE, A.A.; PANJABI, M.M.:

Some new observations on the functional anatomy of the lower cervical spine
Clin.Orthop. 111 (1975) 192

JUNGHANNS, H.:

Die funktionelle Pathologie der Zwischenwirbelscheiben
Langenbecks Arch.Klin.Chir. 267 (1951) 393

KAPANDJI, I.A.:

Physiologie articulaire
Paris, Vol.III, Maloine (1972)

KELLER, G.:

Überlastungsschäden an den kleinen Wirbelgelenken
Z.Orthop. 90 (1958) 458

KRÄMER, J.:

Biomechanische Veränderungen im lumbalen Bewegungssegment
Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 58 (1973)

KROGDAHL, T.; TORGERSEN, O.:

Die Unco-Vertebralgelenke und die Arthrosis deformans uncovertebralis
Acta Radiol. 21 (1940) 231

KUHLENDAHL, H.; KUNERT, W.:

Röntgenklinische Studien zur Pathologie der Halswirbelsäule
Med. 43 (1954) 449

KUHLENDAHL, H.; KUNERT, W.:

Der Aussagewert des Röntgenbildes der Halswirbelsäule
in: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis,Bd.28,
Hippokrates, Stuttgart (1963)

LANGE, M.:

Die Wirbelgelenke
Enke, Stuttgart (1934)

LEGER, W.:

Die statischen Bedingungen der Spondylose
Verh.Dtsch.Orthop.Ges. 45 (1958) 98

LIECHTI, A.:

Die Röntgendiagnostik der Wirbelsäule
2.Aufl., Verlag Springer, Wien (1948)

LINDEMANN, K.; KUHLENDAHL, H.:

Die Erkrankungen der Wirbelsäule
Enke, Stuttgart (1953)

LOB, A.:

Formalgenetische Entstehung der Spondylosis deformans
Arch.Klin.Chir. 267 (1950) 141

LUSCHKA, H.:

Die Halbgelenke des menschlichen Körpers
Reimer, Berlin (1858)

LYSELL, E.:

Motion in the cervical spine
Acta Orthop.Scand. 123 (1969

MARTIN,R.;SALLER,K.:

Lehrbuch der Anthropologie
Bd.1, Gustav Fischer, Stuttgart (1957)

MURONE, J.:

The importance of the sagittal diameters of the cervical spinal canal in relation to spondylosis and myelopathy
J.Bone Joint Surg. 58B, No.1 (1974) 30

NATHAN, H.:

Osteophytes of the vertebral column. An anatomical study of their development according to age, race and sex with considerations as to their ediology and significancs
J.Bone Joint Surg. 44A (1962) 243

NIETHARD ,F.U.

Die Form-, Funktionsproblematik des Lumbosakralen-Überganges
Habilitationsschrift, Heidelberg (1978)

PANJABI, M.M.; WHITE, A.A., JOHNSON, R.M.:

Cervical spine mechanics as a function of transection of components
J.Biomech. 8 (1975) 327

PAYNE, E.E., SPILLANE, J.D.:

The cervical spine an anatomico-pathological study of 70 specimens with particular reference to the problem of cervical spondylosis
Brain, 80 (1957) 571

PENNING, L.:

Functional pathology of the cervical spine
Excerpta Medica, Amsterdam (1968)

PSCHIRRER, M.:

Vermessungen an der Halswirbelsäule
Diss., Frankfurt (1968)

RATHCKE, L.:

Zur normalen und pathologischen Anatomie der Halswirbelsäule
Dtsch.Ztschr.Chir. 242 (1933) 122

REISCHAUER, F.:

Zur Frage der Spondylosis
Beitr.Klin.Chir. 162 (1935) 64

RIZZI, M.A.:

Die menschliche Haltung und die Wirbelsäule
in: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd.85
Hippokrates, Stuttgart (1979)

RÜBE, W.; SCHULTE, G.A.:

Die degenerativen Erkrankungen der Wirbelsäule
in: Handbuch der medizinischen Radiologie, Bd.VI,2;
hrsg.v. Diethelm,L.; Hoeffgen,W. u.a.
Springer, Heidelberg, New York, Berlin (1974)

SCHENK, R.:

Funktionelle Anatomie der Wirbelsäule
Huber (1963)

SCHINGNITZ, D.:

Randzacken der Halswirbelsäule
Arch.Orthop.Chir. 32 (1933) 356

SCHLÜTER, K.:

Form und Struktur des normalen und des pathologisch
veränderten Wirbels
in: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, 30 (1965)

SCHMINKE, A.; SANTO, E.:

Zur normalen und pathologischen Anatomie der Halswirbelsäule
Zbl.Pathol. 55 (1932) 369

SCHMORL, G.; JUNGHANNS, H.:

Die gesunde und kranke Wirbelsäule in Röntgenbild und Klinik
5.Aufl., Thieme, Stuttgart 1.Aufl.1932 (1968)

DE SÈZE, S.; DJIAN, A.; ABDELMOULA, M.:

Röntgenologische Untersuchungen der Dynamik der Halswirbelsäule in der Sagittalebene
[illegible]

DE SÈZE, S.; DJIAN, A.; ABDELMOULA, M.:

Orthopädie - Bewegungsapparat
[illegible]

[illegible]ELMANN, [illegible]:

[illegible] der Halswirbelsäule in verschiedenen Altersgruppen
Med.Diss., Düsseldorf [illegible]

STARCK, D.:

Embryologie
3.Aufl., Thieme, Stuttgart (1975)

[illegible], [illegible]:

Die Chondrosen der Halsbandscheiben, ihre Häufigkeit und röntgenologische Erfassung
Zschr. für Altersforschung, Bd.IX (1955/56)

TAITZ, C.; NATHAN, H.; ARENSBURG:

Anatomical observations of the foramina transversaria
J.Neurol.Neurosurg.Psychiatry [illegible] (1978) [illegible]

THOMSEN:

zit. nach MARTIN - SALLER ([illegible])

[illegible], [illegible]:

Die Häufigkeit osteochondrotischer Röntgenbefunde der Halswirbelsäule bei [illegible] symptomfreien Erwachsenen
Fortschr.Röstr. [illegible] (1956)

TÖNDURY, G.:

Beitrag zur Kenntnis der kleinen Wirbelgelenke
Z.Anat.Entw.Gesch. 11o (194o)

TÖNDURY, G.:

Zur Anatomie der Halswirbelsäule. Gibt es Uncovertebralgelenke?
Z. Anat.Entw.Gesch. [illegible] [illegible] 448

[illegible]:

Zur Anatomie der Wirbelsäule. Entwicklung, Bau und Altersveränderungen der Zwischenwirbelscheiben
Wanderkurs ärztl.Fortb. 35 (1944) 1

TÖNDURY, G.:

Die Bedeutung der Chorda dorsalis für die Entwicklung der Wirbelsäule
Archiv Klaus Stift Vererb.-Forschung, 24 (1948) 237

TÖNDURY, G.:

Zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Wirbelsäule mit besonderer Berücksichtigung der Altersveränderungen der Bandscheibe
Schweiz.med.Wschr. 85 (1955) 5

TÖNDURY, G.:

Entwicklungsgeschichte und Fehlbildungen der Wirbelsäule
in: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 7
Hippokrates, Stuttgart (1958)

TÖNDURY, G.:

Die Lebenskurve der Halswirbelsäule
Verh.Dtsch.Orthop.Ges.Beilageheft 91 (1959) 137

TÖNDURY, G.:

Entwicklung, Bau und Altersveränderungen der Zwischenwirbelscheiben unter spezieller Berücksichtigung der Halsregion
Therapiewoche 10 (1960) 432

TÖNDURY, G.:

Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen
Bd.1, 20.Aufl. Rauber, Kopsch; Thieme-Verlag, Stuttgart (1968)

TÖNDURY, G.:

Embryonale und postnatale Entwicklung der Wirbelsäule
in: Handbuch der medizinischen Radiologie, Bd.VI/1;
hrsg.v. Diethelm; Hoeffgen,W. u.a.; Springer, Heidelberg (1974)

TROLARD:

Quelques articulations de la colomne vertébrale
J.internat. d'anatomie et de physiologie (1898)

TULSI, R.L.:

The anatomy and radiology of the cervical vertebrae and the tortuous vertebral artery
Australas.Radiol. 19(3) (1975) 258

VIERODT, H.:

Anatomische und physiologische Daten und Tabellen
3.Aufl., Fischer, Jena (1906)

VIRCHOW, H.:

Die sagittal - flexorische Bewegung der menschlichen Halswirbelsäul
Arch.Orthop.Chir. 26 (1928)

WEBER, W.:

Weber's gesammelte Werke
Bd.6, Berlin (1894)

WHITE, A.A.; PANJABI, M.M.:

Clinical Biomechanics of the spine (1978)

WHOLEY, M.H.; BRUVER, A.J.; BAKER, H.J.:

The lateral roentgenogramm of the nack
Radiology 71 (1958) 350

WOLF, B.S.; KHILNAMI, M.; MALIS, L.:

The sagittal diameter of the bony cervical spinal canal and its significance in cervical spondylosis
J.Mt.Sinai Hosp. 23 (1956) 283

ZUKSCHWERDT, L.; EMMINGER, E.; BIEDERMANN, F.; ZETTEL, H.:

Wirbelgelenke und Bandscheiben
Hippokrates, Stuttgart (1960)

Herrn Privat - Dozent Dr.med.
Gerhard Lenz danke ich für die
hilfreiche Unterstützung bei der
Ausarbeitung des mir überlassenen
Themas sehr herzlich.

L E B E N S L A U F

SUSANNE BELLMANN

1.Oktober 1957	geboren in Mannheim
	Mutter: Margarethe C.Bellmann, geb.Ochs
	Vater: Dr. Heinz Bellmann
	Beruf des Vaters: Dipl. Holzwirt
	wohnhaft: Niederkasseler Str.95
	4ooo Düsseldorf 11
Ostern 1964 - Juni 1965	Grundschule Luzenbergschule 68 Mannheim
Juni 1965 - Juli 1967	Diesterwegschule 6 Frankfurt a/M.5o
August 1967 - Juli 1970	Gymnasium Hammonense staatl.humanistisches Gymn 47 Hamm / Westf.
August 1970 - Juli 1976	Clara - Schumann Gymnasium 4 Düsseldorf
30.Juni 1976	Datum der allgemeinen Hochschulzulassungsbescheinigung
Oktober 1977	Beginn des Studiums der Zahnmedizin an der Universität Düsseldorf
24.August 1978	Zahnärztliche naturwissenschaftliche Vorprüfung
22.Februar 1980	Zahnärztliche Vorprüfung
Sommer 1982	Voraussichtliche zahnärztliche Prüfung